

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
FAKULTA STROJNÍ  
KATEDRA MECHANICKÉ TECHNOLOGIE

TECHNOLOGICKÝ POSTUP SVAŘOVÁNÍ HYDRAULICKÉHO VÁLCE  
NA ROBOTIZOVANÉM PRACOVÍŠTI

TECHNOLOGICAL PROCEDURE FOR HYDRAULIC CYLINDER WELDING IN ROBOTIC WORKPLACE

Student :

Bc. Martin Hořák

Vedoucí diplomové práce :

doc. Ing. Drahomír Schwarz , CSc

OSTRAVA 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

## Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Martin Hořák**

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

2303T002 Strojírenská technologie

Specializace:

10 Technologický management

Téma:

Technologický postup svařování hydraulického válce na robotizovaném  
pracovišti  
Technological Procedure for Hydraulic Cylinder Welding in Robotic  
Workplace

Zásady pro vypracování:

1. Charakterizujte materiály hydraulických válců.
2. Proveďte studium svařitelnosti.
3. Navrhněte postup svařování na robotizovaném pracovišti.
4. Bod 3 realizujte.
5. Proveďte rozbor vlastností svarových spojů.
6. Proveďte ekonomické zhodnocení navržené technologie.

Seznam doporučené odborné literatury:

Kolektiv autorů. *Materiály a jejich svařitelnost*. Ostrava, ZEROSS, 2009

KOUKAL, Jaroslav; SCHWARZ, Drahomír; HAJDÍK Jiří. *Materiály a jejich svařitelnost*. Vyd. 1. Ostrava:

Český svářečský ústav s.r.o., VŠB-Technická Univerzita, 2009. 241 s. ISBN 978-80-248-2025-5.

KOUKAL, Jaroslav; ZMYDLENÝ, Tomáš. *Svařování I*. Vyd. 1. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2005. 136 s. ISBN 80-248-0870-6.

ČSN EN ISO 15614-1,

ČSN EN ISO 15613

ČSN EN 1011-2

Návod k obsluze Robotu Almega AX, výrobce OTC Daihen


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

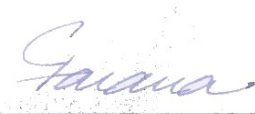
Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



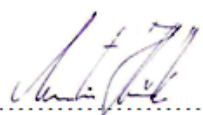
  
prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

## PROHLÁŠENÍ STUDENTA

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21.května 2012

  
.....

Podpis studenta

## PROHLÁŠENÍ O VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména :

§ 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

-beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít podle § 35 odst. 3 .

-souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

-bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

-bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

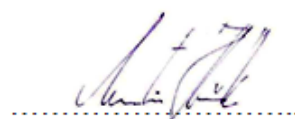
-beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21.května 2012

Adresa trvalého pobytu studenta :

Želazného734/8

Ostrava-Muglinov , 712 00



Jméno a příjmení studenta

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hořák, M. Technologický postup svařování hydraulického válce na robotizovaném pracovišti.

Ostrava: Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011. Diplomová práce, vedoucí doc. Ing. Drahomír Schwarz, Csc

Diplomová práce se zabývá svařováním hydraulických válců na divizi hydraulika, obtížně svařitelným materiálem, hledá příčiny vzniku mikrotrhlin ve svarovém spoji a vhodný postup na jejich odstranění. Porovnává cenové náklady použitých přídatných materiálů od nejběžnějších dodavatelů na robotizovaném pracovišti .

Cílem této práce je vypracování souhrnu kvalitativních podmínek svařování na robotizovaném pracovišti hydraulických válců.

## ANNOTATION OF MASTER 'S THESIS

Hořák, M. Technological procedure for hydraulic cylinder welding in robotic workplace.

Ostrava: Department of mechanical technology, faculty of mechanical engineering - Technical University of Ostrava, 2011. Thesis, leading doc. Ing. Drahomír Schwarz, Csc

This thesis deals with the hydraulic cylinders for welding, hydraulics division, welding difficult material, looking for causes of microcracks in the weld joint and a suitable procedure for their removal. Compares the price of additional costs of used materials from suppliers in the most common robot workplace.

The aim of this paper is the summary of the qualitative conditions of the welding robot workplace hydraulic cylinders.

## ***OBSAH :***

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ .....	8
1. ÚVOD .....	9
2. POPIS ROBOTIZOVANÉHO PRACOVIŠTĚ .....	9
2.1 Svářecí zdroj OTC DP 500 .....	10
2.2 Robotické ruka Daihen .....	10
2.3 Řídící jednotka .....	11
2.4 Ruční obsluha .....	11
2.5 Učení .....	12
2.6 Funkční příkaz .....	12
2.7 Pohyb v kartézských souřadnicích .....	13
2.8 Otočné horizontální polohovadlo OTC A2PB1002-E .....	13
3. POPIS HYDRAULICKÉHO VÁLCE .....	14
3.1 Pístnice .....	14
3.2 Sloup střední .....	15
3.3 Sloup vnější .....	16
4 CHARAKTRISTIKA MATERIÁLŮ HYDRAULICKÝCH VÁLCŮ .....	18
5 STUDIUM SVAŘITELNOSTI .....	18
5.1 Materiál S355 J2 +AR .....	18
5.1.1 Vlastnosti tyče S355 J2+AR .....	19
5.1.2 Svařitelnost S355J2+AR .....	19
5.2 Materiál 20 MnV6 .....	19
5.2.1 Vlastnosti oceli 20MnV6 .....	19
5.2.2 Výpočet počátku transformačních přeměn materiálu 20MnV6 .....	20
5.2.3 Svařitelnost trubky válce materiálu 20MnV6 .....	20
5.3 Materiál 42CrMo4 .....	20
5.3.1 Vlastnosti oceli 42CrMo4 .....	21
5.3.2 Doporučení dodavatelů materiálu 42CrMo4 .....	21
5.3.3 Zkušenosti se svařováním podobného typu materiálů .....	22

5.3.4 Výpočet počátku transformačních přeměn 42CrMo4 .....	22
5.3.5 Hodnocení oceli k náchylnosti teplých trhlin : .....	23
5.3.6 Svařitelnost materiálu 42CrMo4 .....	24
6. PŘÍDAVNÉ MATERIÁLY .....	24
6.1 Plné dráty .....	24
6.1.1 Böhler DCMS-IG .....	24
6.1.2 ESAB OK Aristorod 13.12 .....	25
6.1.3 ESAB OK Autrod 12.64 .....	25
6.2 Trubičkové dráty: .....	26
6.2.1 STEIN-MEGAFIL 807 M .....	26
6.2.2 STEIN-MEGAFIL 736 B .....	26
6.2.3 STEIN-MEGAF 710 M .....	27
6.3 Vyhodnocení přídatných materiálů .....	27
7. NÁVRH POSTUPU SVAŘOVÁNÍ .....	28
8. ZAVAŘENÍ ZKUŠEBNÍHO KUSU „A“ .....	29
8.1 Výpočet teploty předehřevu .....	29
8.1.1 Teplota předehřevu materiálu 20Mn6V .....	29
8.1.2 Teplota předehřevu materiálu S355J2+N .....	30
8.1.3 Stanovení teploty předehřevu a teploty interpass .....	30
8.2 Výsledky zavařeného vzorku „A“ .....	31
8.2.1 Příčná zkouška tahem .....	31
8.2.2 Zkouška lámavosti .....	31
8.2.3 Zkouška rázem v ohybu .....	31
8.2.4 Zkouška tvrdosti .....	32
8.2.5 Zkouška makrostruktury .....	32
8.2.6 Zkouška mikrostruktury .....	32
8.2.7 Zkouška mikrotvrdosti .....	33
9. ZAVAŘENÍ ZKUŠEBNÍHO KUSU „B“ .....	33
9.1 Stanovení teploty předehřevu .....	34
9.2 Výsledky zavařeného vzorku „B“ .....	35

9.2.1 Příčná zkouška tahem .....	35
9.2.2 Zkouška lámavosti.....	35
9.2.3 Zkouška rázem ohybu.....	36
9.2.4 Zkouška tvrdosti .....	36
9.2.5 Zkouška makrostruktury .....	36
9.3 Vyhodnocení vzorku .....	37
10. ZAVĚŘENÍ ZKUŠEBNÍHO KUSU „C“ .....	37
10.1 Výsledky zavařeného vzorku „C“ .....	37
10.1.1 Tvrdost .....	38
10.1.2 Makro G4Si1 .....	39
10.1.3 Mikrostruktura.....	39
10.1.4 Mikrotvrdost.....	41
10.2 Vyhodnocení .....	43
11 ZAVĚŘENÍ ZKUŠEBNÍHO KUSU „D“ .....	43
11.1 Výsledky zavařeného vzorku „D“ .....	43
11.1.1 Tvrdost .....	43
11.1.2 Makro vzorku „D“ .....	44
11.1.3 Mikrostruktura.....	44
11.1.4 Mikrostruktura vzorek č.1 .....	44
11.1.5 Mikrostruktura vzorek č.2.....	45
11.1.6 Mikrotvrdost vzorek č.1 .....	46
11.1.7 Mikrotvrdost vzorek č.2.....	46
12. NÁKLADY NA ZHOTOVENÍ SVARU .....	47
12.1 Mzdové a režijní náklady svářeče .....	48
12.2 Náklady na přídavný materiál .....	48
12.3 Náklady na ochranné plyny .....	49
13. ZÁVĚR.....	50
14. SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ .....	54
15. PŘÍLOHY .....	55



### ***Seznam použitého značení :***

A<sub>1</sub> -Eutektoidní teplota oceli [°C]

A<sub>3</sub> -Teplota přeměny austenitu na ferit [°C]

M<sub>s</sub> -Transformační přeměna martenzit start [°C]

M<sub>f</sub> -Transformační přeměna martenzit finiš [°C]

B<sub>s</sub>- transformační přeměna bainyt start [°C]

HV- Tvrdost dle Vickerse

HRC-Tvrdost dle Rockvela

MAG -Svařování v aktivní atmosféře (Metal Active Gas)

MIG -Svařování v inertní atmosféře (Metal Inert Gas)

MMA-Ruční svařování obalenou elektrodou

FCAW- Svařování trubičkovým drátem

M<sub>s</sub> -Teplota počátku martenzitické přeměny [°C]

R<sub>e</sub> -Mez kluzu materiálu [MPa]

R<sub>m</sub> -Mez pevnosti materiálu [MPa]

T<sub>00</sub> - Tepelně ovlivněná oblast

Δt<sub>8/5</sub> -Doba ochlazování mezi teplotami 800 a 500 °C [s]

Q – Tepelný příkon [kJ / mm<sup>-1</sup>]

CET- Uhlíkový ekvivalent [%]

T<sub>p</sub>- Teplota přehřevu [°C]

HD- Obsah vodíku ve svarovém kovu [ml/100g]

# 1. ÚVOD

Významnou část výrobního programu OSTROJ a.s. tvoří tradiční sortiment důlních zařízení pro všechny podmínky dobývání v hlubinných dolech. Jedná se především o mechanizované výztuže s hydraulickými válci. Svařování hydraulických válců provádí v OSTROJI a.s. divize Hydraulika na robotizovaném pracovišti vybaveném japonským robotem OTC Daihen.

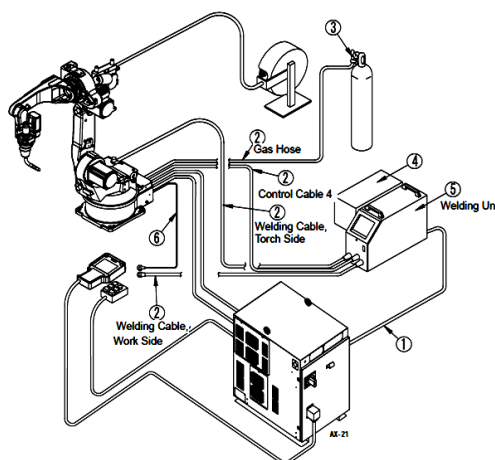
Při realizaci projektu na klíč byla jako systémový integrátor robota vybrána firma Robotec CZ s.r.o. Tato firma, zabezpečila koordinaci a realizaci projektu a zodpovídá za dlouhodobou funkčnost a kvalitu systému. OTC Daihen je největším světovým výrobcem svářecích robotů a zároveň největší japonský výrobce high-tech digitálních svářecích zdrojů pro obloukové svařování.

Diplomová práce se zabývá prověřením současné technologie svařování hydraulické stojky a porovnání vhodného použití přídatných materiálů ve výrobě.

## 2. POPIS ROBOTIZOVANÉHO PRACOVISTĚ

Pracoviště bylo uvedeno do provozu počátkem roku 2009 a je vybaveno řízeným polohovadlem, které umožňuje otáčet svařence do požadované polohy s opakovanou přesností.

Svařování hydraulických válců na tomto pracovišti je prováděno roboty metodou svařování 135. Svářecí robot se skládá z robotické ruky, podavače cívky, připojení k lahvi na ochranný plyn, svářecího zdroje OTC DP 500, řídicí jednotky OTC, manuálního ovládání, čistící stanice a ochrannými stěnami s bezpečnostní jednotkou.



**Obr. 1** Základní schéma robotizovaného pracoviště

## 2.1 Svářecí zdroj OTC DP 500

Je digitálně řízený invertorový pulzní svářecí zdroj pro sváření metodou MIG/MAG. Umožňuje svářet maximálním svářecím proudem 500 A při 60% zatížení. Svářecí zdroj je vybavený 4-kladkovým podavačem drátu. Svářecí oblouk je s vysokou přesností řízený během celého svářecího cyklu. Ovládací panel podporuje ukládání parametrů do paměti.



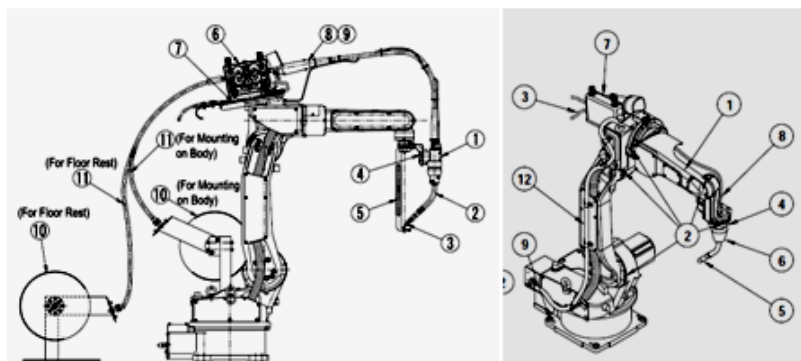
*Obr. 2 OTC DP 500*

Charakteristika zdroje :

- Vysoká kvalita sváření i při práci s nižšími proudy a svařování při vysokých rychlostech.
- Bez rozstřikové svařování kontrolované elektronikou.
- Stabilní kvalita svařování díky funkci kontrolování svaru.
- Okamžité zapálení oblouku ve všech svářecích pozicích.
- Vybavený 4-kladkovým podavačem drátu a kontrolou setrvačnosti.

## 2.2 Robotická ruka Daihen

Robotická ruka se skládá ze servomotorů pohybující jednotlivými rameny v osách, redukčních převodovek a svazku kabelů napojených na řídicí jednotku ovládající podle programu jednotlivé pohyby ramene.



*Obr.3 jednotlivé součásti robotické ruky Daihen*

## 2.3 Řídící jednotka

Řídící jednotka může kontrolovat a řídit práci robotů vykonávajících jeden typ výrobního procesu. V tomto případě obloukové svařování. Ovládá manipulaci s materiálem, ale také řídí několik typů výrobních procesů současně. V automatizované buňce najednou probíhá polohování i svařování výrobku. Vyspělý softwar řídicí jednotky zabezpečuje bezproblémovou součinnost pohybů jednoho i více robotů a jejich simultární práci na jednom svařenci bez rizika vzniku kolizní situace. Řídící jednotka od společnosti OTC Daihen umožňuje současně řízení 54 os [4] .



*Obr.4 Řídící jednotka*

Synchronizaci práce manipulátorů a svařovacího robotu jednou řídicí jednotkou umožňuje vytvářet velmi přesné svary pod úhlem.

Pomocí příslušných tlačítek na panelu ručního ovládání můžeme vykonávat pohyby jednotlivých os manipulátoru nezávisle na ostatních osách.

## 2.4 Ruční obsluha

Pomocí ručního ovládání uvedeme robota do toho bodu, který chcete zaznamenat. Ruční obsluha zahrnuje více režimu včetně režimu, v kterém je každá osa robota ovládána individuálně a režimu v kterém se koncový bod robota pohybuje po přímce.

Systém ručního nastavení byl použit pro nastavení všech zavařených vzorků a uložen pod číslem programu. Systém nastavení je ve zkratce popsán níže.

## 2.5 Učení

Je to proces, při kterém robot nejprve naučíme kde jsou charakteristické body dráhy, po které se bude pohybovat robot při automatickému provozu a pořadí následující po sobě . Provádíme ho takto:

- Zvolíme si číslo programu, který chceme použít.
- Postupně zaznamenáváme jednotlivé body dráhy, po které se robot má pohybovat, a polohy robota v jednotlivých bodech.
- Ručně uvedeme robota do požadovaného bodu dráhy a polohy.
- Stlačením tlačítka záznamu daný krok zaznamenáme.
- Po zaznamenání funkčních příkazů je možné vyslat signál externímu zdroji, nebo uvést robot například do pohotovostního režimu.
- Dále zaznamenáme příkaz KONEC v tom kroku, v kterém končí pohyb.

Takto postupně zaznamenáme všechny kroky. Pokud požadujeme vykonání nějaké funkce, zaznamenáme funkční příkazy.

Překontrolujeme, co jsme robot naučili a v případě potřeby vykonáme změny. Tímto jsme dokončili proces učení, jehož výsledkem je program. Výše popsany systém učení se nazývá : „Systém učení a přehrávání programu.”

Mezi alternativní systémy se také řadí systém robotického jazyka a off-line systém učení. Robot dokáže pracovat se všemi těmito systémy [4] .

## 2.6 Funkční příkaz

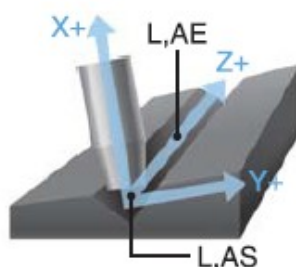
Funkční příkazy umožňují ovládat svářečský hořák na zápěstí robota a zaznamenávat signály kontrolující vykonávanou práci. Tyto příkazy zaznamenáte v programu u bodů, v kterých budeme příslušné funkce vykonávat.

Máme možnost volit také jiné programy, což je vhodné při složitějších úlohách, nebo zadávat příkaz do jiných programů v závislosti na stavu externích signálů. Tato vyvolání jsou také zaznamenávány jako funkční příkazy.

Typické funkční příkazy jsou vyjádřeny pomocí formátu využívajícího jazyk SLIM standardní pro průmyslové roboty, což je vlastní robotický jazyk .

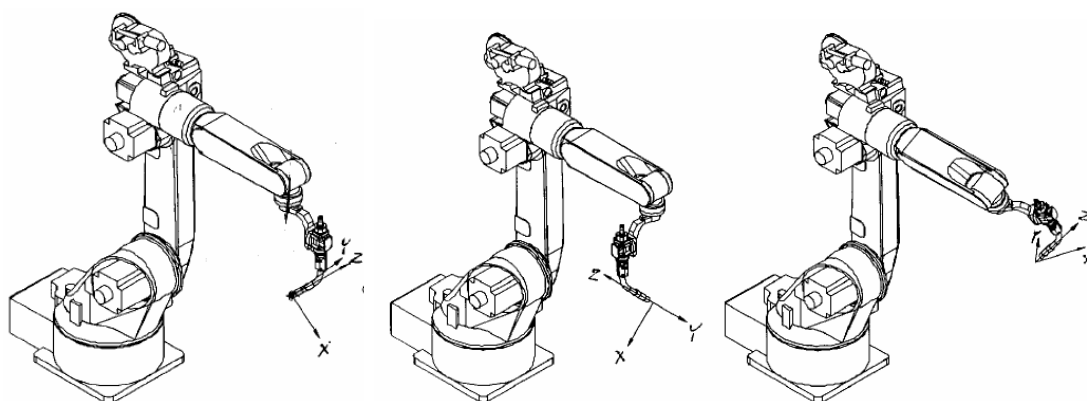
## 2.7 Pohyb v kartézských souřadnicích

Pohyb v kartézských souřadnicích se vztahuje na jednotlivé osy těla robota až po zápěstí, také při polohování špičky hořáku a pohybu zápěstí při sklopení hořáku .



*Obr.5 Znáznorněné osy při pohybu hubice hořáku*

Existují dva druhy pohybu zápěstí. Pohyb v kartézských souřadnicích definovaný Eulerovým úhlem a pohyb v kartézských souřadnicích definovaný pomocí tzv. R.P.Y, tří rotací do kterých je rozložena prostorová rotace .



*Obr. 6 Směry pohybu os těla robota v základním souřadnicovém systému*

## 2.8 Otočné horizontální polohovadlo OTC A2PB1002-E

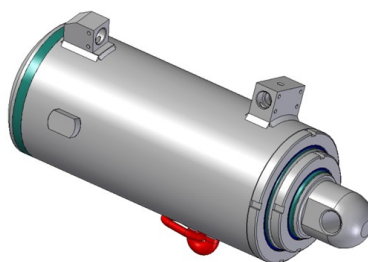
Otočné jednoosé polohovadlo je plně programovatelné pomocí panelu ručního ovládání a ovládáním pro řízení robota. Pohyby polohovadla mohou být synchronizované, anebo nezávislé od pohybu robota. Vysoká operační přesnost byla dosažena použitím servomotoru. Polohovadlo nabízí pět různých montážních poloh s možností rychlé výměny. Středovým otvorem jsou vedeny kabely. Hmotnost polohovadla je 220 kg, kde jeho maximální užitečné zatížení je 1000 kg.



*Obr. 7 Vřetenové polohovadlo*

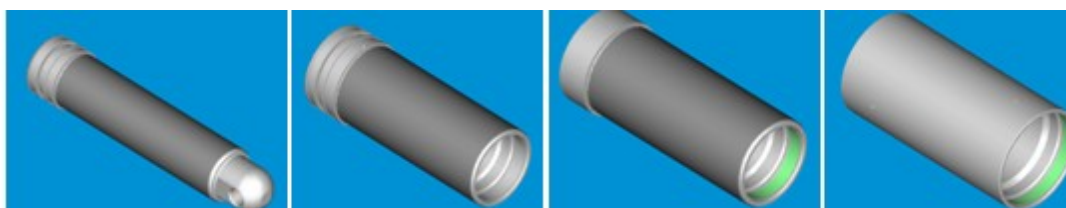
### 3. POPIS HYDRAULICKÉHO VÁLCE

Tento typ hydraulického válce slouží k přenášení zátěžových sil působících na stropnici důlní výztuže. Na každé důlní výztuži jsou dva takovéto válce.



*Obr. 8 Hydraulický válec*

Hydraulický válec se skládá z jednotlivých svařovaných a navařovaných podpoložek :



*A)Pístnice*

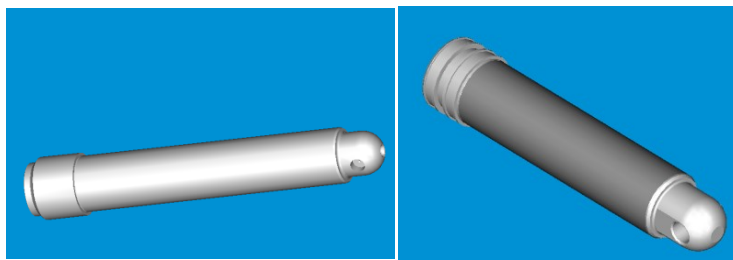
*B)Sloup vnitřní*

*C)Sloup vnější*

*D)Obal*

#### 3.1 Pístnice

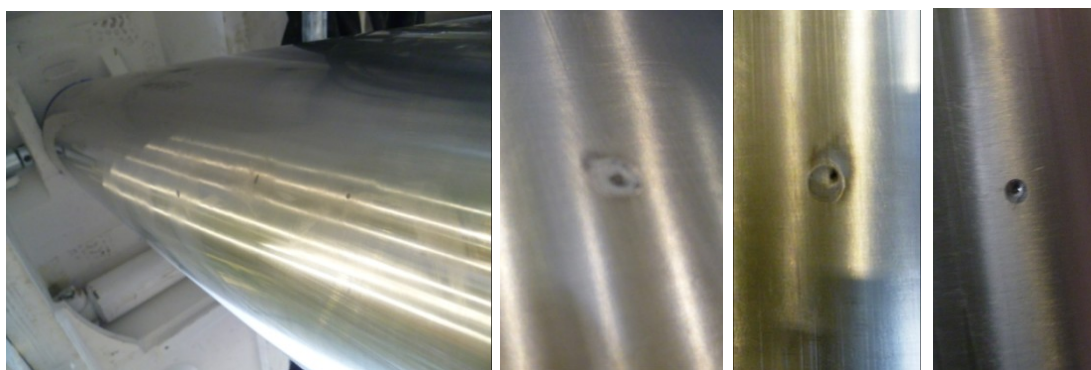
Materiál je kulatina 42CrMo4+QT v průměrech od 40-120 mm. Osoustruží se na požadovaný tvar. Oko pístnice je vysoustruženo ze základního materiálu. U některých typů je k válci přivařeno oko z materiálu S355J2.



***Obr.9** Náčres pístnice před a po návaru solidworks*

Povrch kulatiny je navařen nerezovým drátem podle EN ISO 14343-A označený G18 8 Mn (ESAB OK Autrod 16.95) o průměru 1,6 mm jednou vrstvou na robotizovaném, nebo na poloautomatickém pracovišti viz. „, příloha A“.

V současné době vznikají při návarech drobné trhliny viz.obrázek 10. Vzniklé vady na návaru se vybrušují a převarí elektrodou EB 427 (OK 63.80). Povrch se osoustruží.



***Obr.10** Ukázka vzniklých vad po návaru*

Objeví-li se po opracování na povrchu další drobné vady, odstraní se broušením nebo vrtáním. Vzniklé krátery se vyvaří nerezovým drátem W18 8 Mn metodou WIG. Opravený povrch se zaleští.

Řešením může být navaření první vrstvy vysokolegovaným svarovým kovem o složení 25%Cr , 13%Ni z důvodu možného zředění svarového kovu , další vrstva 18%Cr 8%Mn.

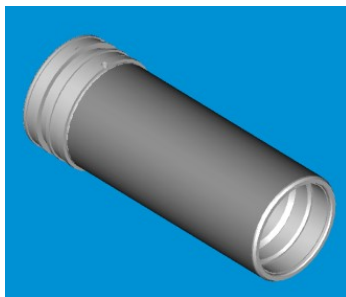
Při dodržení průtoku plynu 18 l/min a teploty předehřevu 200°C lze dosáhnout vysokoodolných vrstev proti korozi. Po navaření pístnice použít dohřev a termozábal. Doporučuje se v Materiálech a jejich chování při svařování [3] tepelně zpracovat z důvodů potlačení difuzních procesů na spodní hranici popouštěcí teploty kulatiny 42CrMo4 na 550°C/1hod.

### **3.2 Sloup střední**

Trubka z materiálu 20MnV6 dno S355J2. V současné době se používá přídatný materiál EN ISO 14341-A G4Si1. Předehřev se volí podle tloušťky materiálu. Svařuje se



na robotizovaném pracovišti. Postup byl ověřen pro kvalifikovaný postup svařování zavařením zkušební vzorku A .



*Obr.11 Sloup střední solidworks*

### 3.3 Sloup vnější

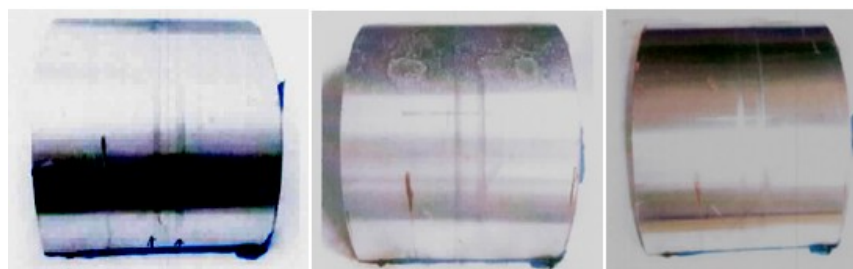
Stejná kombinace materiálu jako u pouzdra pístnice trubka z materiálu 20MnV6 na kterou se provede nerezový návar .



*Obr.12 Průběh návaru sloupu na robotizovaném pracovišti*

Nerezový návar byl podroben zkoušce simulující podmínky působení důlní atmosféry a důlních vod s obsahem NaCl v expoziční době 240 hodin.

Zkouška byla provedena v korozní komoře SKB 400 A-TR v neutrální solné mlze za následujících podmínek. Koncentrace rozprašovacího roztoku NaCl byla 50 (g/l) při zkušební teplotě 35°C. Průměrné množství nahromaděného solného roztoku 1,5 ml na 80 cm<sup>2</sup> s naměřenou hodnotou 6,8 pH .



24 hod

144 hod

244 hod

Při provedeném korozním testu s návary na legovanou ocel drátem G18 8Mn od ESAB v prostředí solné mlhy prokázal relativně nejvyšší stupeň ochrany.

Nižší ochrannou účinnost návarů může způsobit jiná technologie navařování, pórovitost povrchu ale také vznik oblastí ochuzených o chrom, nebo kontaminací povrchu při konečném opracování.

Vnější sloup se skládá z víčka a trubky. Na víčko vnějšího sloupu se používá materiál 42CrMo4, 25CrMo4, S355 J2. Materiál volí konstruktér podle požadované pevnosti a tlakového zatížení válce.



**Obr.13** Sloup vnější víčko 42CrMo4 + trubka 20 MnV6

V současné době je vnější sloup svařován přídavným materiálem G4Si1. Na tomto válci se objevují ve svarech trhliny. Tento postup je popsán v kapitole č.9 .



**Obr.14** Trhliny ve svarovém kovu

V této práci ověřím svařitelnost používaných materiálů 42CrMo4 + 20MnV6 na vnějším válci zavařením zkušebního vzorku současným postupem a navrhnu vhodný postup .

V následujících kapitolách jsou popsány charakteristiky základních materiálů a jejich svařitelnost .

## **4 CHARAKTERISTIKA MATERIÁLŮ HYDRAULICKÝCH VÁLCŮ**

Při objednání oceli může být nezbytné stanovit technické požadavky týkající se svařitelnosti, což je stanoveno v dodatečných požadavcích uvedených v příslušné normě oceli .

S dodávkou ocelí musí být předložený atest, vydaný nezávislou zkušebnou na výrobě na základě zkoušek dle normy ČSN EN 10204-3.1 s ohledem na jakost, tavbu a rozměr materiálu.

Prostřednictvím zaměstnanců vstupní kontroly je provedena přejímka kvality materiálu, následné uvolnění v systému SAP a proveden záznam v kontrolní kartě.

Pokud je materiál dodán zušlechtěný (dle požadavků), musí hodnoty v atestu odpovídat materiálu po zušlechtění.

V rámci kvalitativní přejímky je nutno kontrolovat hodnoty a parametry vlastností uvedené v inspekčním certifikátu a to podle příslušných norem materiálů (uvedené v SAP), nebo podle ZDP listů.

## **5 STUDIUM SVAŘITELNOSTI**

Materiály, používány pro výrobu hydraulických válců jsou S 355J2+AR , 20Mn6V , 42 CrMo4 +QT. V této kapitole jsou uvedené používané materiály se zaměřením na jejich svařitelnost.

### **5.1 Materiál S355 J2 +AR**

Nelegovaná konstrukční jemnozrnná jakostní ocel pro snížené atmosférické teploty pod -20 °C vhodná ke svařování. Součásti zařízení pracujících při teplotách +400 °C až -50 °C se zaručenou hodnotou zkoušky rázem v ohybu až do -50 °C, jak je uvedeno v atestu .

### 5.1.1 Vlastnosti tyče S355 J2+AR

- Chemické složení :

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)	Ni (%)	Cu (%)	N (%)	Al (%)	V (%)	Ti (%)
0,15	0,21	1,43	0,012	0,017	0,03	0,01	0,02	0,03	0,007	0,025	0,001	0,004

- Základní mechanické vlastnosti :

R <sub>e</sub> (MPa)	337
R <sub>m</sub> (MPa)	517

### 5.1.2 Svařitelnost S355J2+AR

Ocel vhodná ke svařování všemi obvykle používanými způsoby svařování. S rostoucí tloušťkou výrobku a rostoucí hodnotou uhlíkového ekvivalentu se zvyšuje riziko výskytu trhlin za studena v oblasti svaru. Je účelné dbát doporučení, stanovující podmínky pro svařování, jak uvádí norma ČSN EN 1011-2.

## 5.2 Materiál 20 MnV6

Tento materiál se používá pro výrobu hydraulických válců, které pracují za pokojové teploty a vysokého tlaku. Vyznačují se dobrou vrubovou houževnatostí ve stavu N nebV. Pro materiál je požadován inspekční certifikát 3.1 B podle normy ČSN EN 10 204.

### 5.2.1 Vlastnosti oceli 20MnV6

- Chemické složení :

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)	Ni (%)	Cu (%)	N (%)	Al (%)	V (%)	V+Nb+T (%)
0,22	0,5	1,7	0,035	0,04	0,4	0,2	0,4	0,25	0,02	0,06	0,18	0,21

- Základní mechanické vlastnosti :

R <sub>e</sub> (MPa)	450
R <sub>m</sub> (MPa)	620 - 770

Více v atestu materiálu viz „ *příloha C*“.V atestu nejsou uvedeny jednotlivé transformační přeměny .

### 5.2.2 Výpočet počátku transformačních přeměn materiálu 20MnV6

$$M_s = 539 - 423 \times C - 30,4 \times Mn - 17,7 \times Ni - 12,1 \times Cr - 7,5 \times Mo$$

$$M_s = 380,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$M_f = 346 - 474 \times C - 33 \times Mn - 17 \times Ni - 21 \times Mo - 17 \times Cr$$

$$M_f = 167,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$B_s = 830 - 270 \times C - 90 \times Mn - 70 \times Cr - 83 \times Mo$$

$$B_s = 573 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

### 5.2.3 Svařitelnost trubky válce materiálu 20MnV6

Trubky z tohoto materiálu jsou určeny pro speciální účely např. pro chromování. Trubku lze svařovat všemi způsoby. Sváry musí být prováděny bez přerušení s předehřevem. Koutové svary se doporučuje svařovat bez vrubů a bez použití „pendlu“ u vícevrstvých svarů. Při teplotě pod  $+5^{\circ}\text{C}$  a tloušťkou stěny nad 12 mm, se doporučuje předehřát dostatečně široké pásmo na 80 -  $200^{\circ}\text{C}$ . Při svařování vytvrzených materiálů se doporučuje předehřev a interpass teploty  $150^{\circ}\text{C}$  . Tepelný příkon je omezena na 14000 J / cm. Chceme-li použít jako přídavný materiál elektrodu měla by být pouze v sušeném stavu, čímž omezíme vstup vodíku do svarové lázně jak doporučuje atest materiálu 20MnV6 viz „ *příloha D*“.

## 5.3 Materiál 42CrMo4

Ocel Cr-Mo k zušlechťování a k povrchovému kalení, pro velké výkovky. Ocel je dobře tvářitelná za tepla, ve stavu žíhaném na měkko dobře obrobitelná. Je vhodná pro povrchové kalení. Tvrdost povrchově kalené vrstvy závisí na způsobu kalení, rozměru a geometrickém tvaru součásti a je cca 54 - 60 HRC. Užívá se na velmi namáhané strojní součásti a části silničních motorových vozidel (hřídele a spojovací prvky). V zušlechtěném

stavu je vhodná k přímému použití, jako ocel odolná proti abrazi, namáhané středními rázy dynamických sil. Např. bagrové zuby, pluhová ostří v zemědělství apod.

U kulatiny 42CrMo4 do průměru 100 mm lze po zušlechtění s pevností nad 1000 MPa docílit ještě dostatečné houževnatosti. Není náchylná k popouštěcí křehkosti. Kalí se do méně razantního kalicího prostředí, je náchylná ke vzniku kalicích trhlin v místech s vrubovým účinkem nebo povrchových vad. V kaleném stavu dobře odolává opotřebení. Patří k nejčastěji používané oceli k zušlechtování.

### 5.3.1 Vlastnosti oceli 42CrMo4

- Chemické složení :

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)	Ni (%)	Cu (%)	N (%)	Al (%)	V (%)	Ti (%)
0,42	0,28	0,81	0,019	0,025	1,17	0,19	0,04	0,03	0,008	0,03	0,006	0,0087

- Mechanické vlastnosti :

R <sub>e</sub> (MPa)	667
R <sub>m</sub> (MPa)	885

Uvedené hodnoty vycházejí z „ přílohy E “.

### 5.3.2 Doporučení dodavatelů materiálu 42CrMo4

Na webových stránkách dodavatelů materiálů byla nalezena tato doporučení :

#### SSAB

Doporučené metody tavného svařování pro oceli typu Domex - vysoce uhlíkové oceli, zahrnuje ruční obloukové svařování (MMA), obloukové svařování (GMAW) a obloukové svařování trubičkovým drátem (FCAW). Výrobce doporučuje pro předcházení problémům s vodíkovými trhlinami použít přehřevu a dodržení následujících opatření:

- Pokud je to možné, svařování by mělo být provedeno před zušlechtěním .
- Doporučená teplota přehřevu 200°C je platná, pokud :  
Obsah vodíku přídavného materiálu je maximálně 5 ml/100g.  
Tepelný příkon není nižší než 0,5 kJ / mm.

Svařování uhlíkových ocelí 42CrMo4 v exponovaných místech se nedoporučuje vzhledem k vysokému riziku vodíkových trhlin [5].

## **OVAKO**

Cromax 42CrMo4 má jen omezenou svařitelnost. Doporučuje se předehřívát na 200-300°C, hrnice 300°C se nesmí překročit, hrozí rizika vzniku trhlin pro vyšší obsah chromu. Ocel 42CrMo4 může být dobře svařitelné tavením. Nicméně opatření jsou nezbytné k tomu, aby se omezila tvorba nežádoucích mikrostruktur v tepelně ovlivněné zóně [6].

## **BÖHLER**

Obtížně svařitelný materiál. Neměl by být používán pro svařované konstrukce. Je-li svařování nutné požadujte pokyny od výrobce přídatných materiálů [7].

### **5.3.3 Zkušenosti se svařováním podobného typu materiálů**

Na stránkách ESAB je popsán následující postup při navařování opotřebovaných pístů.

Při pohybu byl povrch pístu vystaven vysokým teplotním podmínkám. Základní materiály pro tyto písty jsou 34CrMo4 a 42CrMo4.

Předehřev byl v tomto případě stanoven na teplotu 250°C. Píst byl navařen automaticky pod tavítkem drátem ESAB S2Mo (tavidlo OK FLUX 10.80) o průměru 4 mm a proudem 620 A jednou vrstvou svarového kovu na okraji drážky po celém obvodu. Následovaly další dvě vrstvy.

Tvrdost povrchu byla přibližně 350 HB (~ 37 HRC). Píst hlavy byl svařován stejným způsobem. Nebyl aplikován dohřev ani termozábal [8].

### **5.3.4 Výpočet počátku transformačních přeměn 42CrMo4**

V atestu nejsou uvedeny počátky transformačních přeměn. Jednotlivé počátky jsou uvedeny níže.

Teplota solidu :

$$T_s = 1537 - (8C + 8Si + 5Mn + 5Cu + 1,5Cr + 4Ni + 2Mo + 2V + 30P + 25S)$$

$$T_s = 1490 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Teplota přehřátí  $T_p$ : 1300 °C

Teplota  $A_{C3}$  : 840 °C

Teplota  $A_{C1}$  :

$$A_{C1} = 723 - 10,7Mn - 16,9Ni + 29,1Si + 16,9Cr + 290As + 6,38W$$

$$A_{C1} = 741,5^{\circ}C$$

Bainit start :

$$B_s = 830 - 270 \times C - 90 \times Mn - 70 \times Cr - 83 \times Mo$$

$$B_s = 546^{\circ}C$$

Martenzit start :

$$M_s = 539 - 423 \times C - 30,4 \times Mn - 17,7 \times Ni - 12,1 \times Cr - 7,5 \times Mo$$

$$M_s = 320^{\circ}C$$

Martenzit finyš :

$$M_f = 346 - 474 \times C - 33 \times Mn - 17 \times Ni - 21 \times Mo - 17 \times Cr$$

$$M_f = 167,82^{\circ}C$$

### 5.3.5 Hodnocení oceli k náchylnosti teplých trhlin :

Pro hodnocení ocelí na vznik teplých trhlin je možné použít parametr :

$$H.C.S = \frac{C \times \left( S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) \times 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V}$$

$$H.C.S = \frac{0,42 \times \left( 0,025 + 0,019 + \frac{0,28}{25} + \frac{0,04}{100} \right) \times 10^3}{3 \times 0,81 + 1,17 + 0,19 + 0,006}$$

$$H.C.S = 6,15$$

Ocel je náchylná k trhlinám.

Vlastnosti a kvalita svarů jsou ovlivněny zejména podmínkami svařování. Proto by měly být vzaty v úvahu další faktory [2] :

- návrh spoje
- vodíkem indukované praskání
- houževnatost a tvrdost tepelně ovlivněné oblasti
- krystalizační praskání
- lamelární praskání
- koroze



### 5.3.6 Svařitelnost materiálu 42CrMo4

Materiál 42CrMo4 je ekvivalent k platné ČSN 15 142 Cr-Mo .

Tato norma udává u tohoto materiálu svařitelnost dobrou - předehřev na 350°C. Po svaření se doporučuje normalizačně vyžít na 680 – 720°C. Na funkčně exponovaných místech se svařování nedoporučuje.

## 6.PŘÍDAVNÉ MATERIÁLY

V následujících řádcích jsou vybrány přídatné materiály od běžných dodavatelů.

### 6.1 Plné dráty

Byly vybrány dva dodavatele přídatných materiálů Böhler a ESAB .

#### 6.1.1 Böhler DCMS-IG

Je to stejná Cr-Mo slitina, jen s nižším obsahem uhlíku. Svar má proto logicky nižší pevnost, zvláště je-li 42CrMo4 ve stavu zušlechtěném, ale má vyšší houževnatost a tažnost. U jednovrstvých svarů je díky promísení pokles pevnosti nižší až zanedbatelný. Je-li třeba, obvykle se to řeší větším nebo jiným typem svaru (koutový, přeplátovaný atd.)

Výrobce tento drát prezentuje jako MAG a WIG drát Cr-Mo legovaný pro zušlechtitelné, nitridační a cementační oceli do pevnosti cca 780 MPa např. 42CrMo4, materiál 14 220, Cr-Mo oceli tř. 15 a nástrojové oceli podobného složení atd. Ochranný plyn pro tento přídatný materiál je M21 (Ar+15-25 % CO<sub>2</sub>) .

Přídatný materiál je dodáván v průměrech 0,8-1,0-1,2-1,6 na cívce. Doporučuje předehřev, interpass a tepelné zpracování po svařování, tak jak požaduje základní kov. Uvádí příklad předehřevu a interpass teploty 13CrMo4-5 (P11/P12), 200-250 ° C. Potom kalení. Následné ohřátí na 660-700 °C minimálně 1 až 2 hod ochlazení v peci až do 300 °C , následné ochlazení na vzduchu [9] .

- Chemické složení drátu :

C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Mo (%)
0,11	0,6	1,0	1,2	0,5

- Mechanické vlastnosti drátu :

Mez kluzu	(MPa)	460
Pevnost	(MPa)	570
Tažnost	( %)	23
Nárazová práce	(KV J)	45

### 6.1.2 ESAB OK Aristorod 13.12

Nízkolegovaný drát s 1%Cr, 0,5%Mo pro svařování žárovevných a nízkolegovaných ocelí s vyšší pevností a pracovní teplotou do 450°C [10].

Uvedené hodnoty :

- Norma EN 12070 : G CrMo1Si
- Alternativa přídatného materiálu DCMS-IG.
- Chemické složení drátu :

C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Mo (%)
0,10	0,6	1,0	1,1	0,5

- Mechanické vlastnosti drátu :

Mez kluzu	(MPa)	670
Pevnost	(MPa)	785
Tažnost	(%)	18
Nárazová práce	(KV J)	40

### 6.1.3 ESAB OK Autrod 12.64

- EN ISO 14341-A : G 4Si1
- Chemické složení drátu :

C (%)	Si (%)	Mn (%)
0,10	1,0	1,7

- Mechanické vlastnosti drátu :

Mez kluzu	(MPa)	525
Pevnost	(MPa)	595
Tažnost	( %)	26
Nárazová práce	(KV J)	130

## 6.2 Trubičkové dráty:

Vybrané trubičkové dráty s nízkým obsahem vodíku (5ml/100g) ,všechny od Drahtzug-Stein [11].

### 6.2.1 STEIN-MEGAFIL 807 M

- EN ISO 18276 A : T 89 4 Z M M 1 H5
- Drát určený pro vysokopevné jemnozrnné oceli typu 25 CrMo 4 a 34 CrMo 4
- Chemické složení drátu :

C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Mo (%)	Ni (%)	P (%)	S (%)
0,05	0,3	1,3	1,2	1,0	2,3	0,015	0,015

- Mechanické vlastnosti drátu :

Mez kluzu	(MPa)	890
Pevnost	(MPa)	980
Tažnost	( % )	15
Nárazová práce	(KV J /20°C )	44

### 6.2.2 STEIN-MEGAFIL 736 B

- EN ISO 17634 A : T CrMo1 B C 3 H5 / T CrMo1 B M 3 H5
- Chemické složení drátu :

C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Mo (%)	Ni (%)	P (%)	S (%)
0,05	0,3	1,4	1,1	0,5	-	0,015	0,015

- Mechanické vlastnosti drátu :

Mez kluzu	(MPa)	480
Pevnost	(MPa)	580
Tažnost	( % )	20
Nárazová práce	(KV J /20°C )	80

- Po svařování doporučuje výrobce žíhat na 680°C na 2 hod.

### 6.2.3 STEIN-MEGAF 710 M

- EN 758 : T46 4 M M 1: T 89 4 Z M M 1 H5

Aplikuje se pro ocelové konstrukce, tlakové nádoby a loďařský průmysl. Výrobce tento drát prezentuje jako vhodný pro robotizovaná pracoviště .

Zajímavé z ekonomického hlediska je, že u tohoto přídatného materiálu při vícevrstevném svařování odpadá čištění mezihousenkových vrstev.

Na jednom ze vzorků bude vyzkoušeno zavaření válce bez čištění jednotlivých vrstev .

Pro konstrukci požadovanou pevnost 500Mpa je drát dostačující.

- Chemické složení drátu :

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
0,05	0,7	1,3	0,015	0,015

- Mechanické vlastnosti drátu :

Mez kluzu	(Mpa)	470
Pevnost	(Mpa)	550
Tažnost	( %)	27

- Kontrola praskavosti :

$$UCS = 230C + 190S + 75P + 45Nb - 12,3Si - 5,4Mn - 1$$

$$UCS = 230 \times 0,046 + 190 \times 0,007 + 75 \times 0,011 + 45 \times 0 - 12,3 \times 0,79 - 5,4 \times 1,62 - 1$$

Hodnota je menší než 10 svarový kov má vysokou odolnost proti krystalizačnímu praskání [2].

### 6.3 Vyhodnocení přídatných materiálů

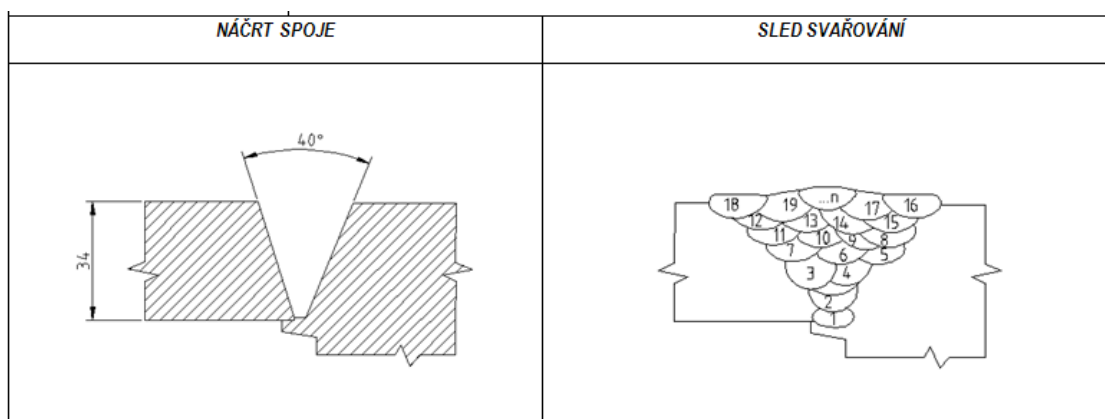
Na zavaření vzorků budou použity přídatné materiály OK Autrod 12.64 průměr 1,2 a trubičkový drát Megafil 710 M o průměru 1,6 mm.

Oba dráty vyhovují konstrukci požadavkům na pevnost 500 MPa.

## 7. NÁVRH POSTUPU SVAŘOVÁNÍ

Všechny vzorky mají tyto rozměry.

Tloušťka materiálu víčka je 100 mm, trubka 34 mm a vnější průměr 360 mm.



Jedná se o tupé svarové spoje (BW), svařovány dle EN ISO 6947 v poloze PA. Svařovací proces bude proveden na robotizovaném pracovišti dle EN ISO 4063 metodami 135 (GMAW) a 136 (FCAW). Úkosity se zhotoví na soustruhu z každé strany u všech vzorků na 20°. Svarové plochy musí být čisté, odmaštěné, bez rzi a nečistot. Během svařování svar čistit pneumatickým oklepávadlem a kartáčem.

Použijeme ochranný plyn od firmy Messer Ferroline C18, nebo Linde Corgon 18 označené dle ČSN 14 175 jako M21 ( $15 < \text{CO}_2 \leq 25$ ). Úhel sklonu elektrody  $60^\circ$  až  $90^\circ$ . Vzdálenost hubice od pracovního kusu 15 – 18 mm. Jedná se o více průchodový svar ve sprchovém přenosu kovu. Konstruktor u tohoto válce požaduje pevnost svarového kovu minimálně  $R_m = 500 \text{ MPa}$ .

Na vzorcích budou použity dráty označené G4Si1 od firmy ESAB pod výrobním označením OK AUTROD 12.64 o průměru 1,2 mm z kontejnerového sudu MARATHON PAC a drát označený Stein- Megafil 710M o průměru 1,6 mm.

Jednotlivé vzorky jsou označené **A,B,C,D**.

- **Vzorek A** Trubka z materiálu 20MnV6V dno S355J2.
- **Vzorek B** Trubka z materiálu 20MnV6V dno 42CrMo4 drát G4Si1 bez dohřevu a termozábalu.
- **Vzorek C** trubka z materiálu 20MnV6V dno 42CrMo4 drát G4Si1 bez dohřevu s termozábalem.
- **Vzorek D** Trubka z materiálu 20MnV6V dno 42CrMo4 drát Megafil 710 M prům.1,6 bez dohřevu s termozábalem.

## 8. ZAVAŘENÍ ZKUŠEBNÍHO KUSU A

Trubka z materiálu 20MnV6 dno S355J2, tloušťka materiálu 34 mm. Jedná se podle EN ISO 4063 metodu 135 na robotizovaném pracovišti.

Vzorek byl zavařen drátem označeným G4Si1 podle EN ISO 14341-A výrobcem ESAB označen OK Autrod 12.64 o průměru 1,2 mm, plyn od firmy Linde Corgon 18 s průtokem 15 l/hod. Výkres vzorku viz. „příloha I“.

Hodnota meze kluzu přídavného materiálu je mezi oběma základními materiály.

Pro tento válec byly stanoveny parametry dle výrobce přídavného materiálu :

$$I=320 \text{ A}$$

$$U=33 \text{ V}$$

$$v= 12 \text{ mm/s}$$

- Výpočet hodnoty tepelného příkonu :

$$Q = k \times \frac{U \times I}{v} \times 10^{-3} \text{ (kJ/mm)}$$

$$Q = 0,7 \text{ (kJ/mm)}$$

### 8.1 Výpočet teploty přehřevu

Pro eliminaci vodíkového praskání u nelegovaných, jemnozrnných a nízkolegovaných ocelí je stanoven výpočet přehřevu v normě ČSN EN 1011-2 podle uhlíkového ekvivalentu.

#### 8.1.1 Teplota přehřevu materiálu 20Mn6V

Vzorec poskytuje informaci o vlivu jednotlivých legujících prvků na vlastnosti materiálu ve vztahu k uhlíku. Vliv chemického složení na chování ocelí při studeném praskání je vystižen prostřednictvím uhlíkového ekvivalentu označeným CET .

$$CET = C + \frac{Mn + Mo}{10} + \frac{Cr + Cu}{20} + \frac{Ni}{40} \text{ (\%)}$$

$$CET = 0,22 + \frac{1,7 + 0,2}{10} + \frac{0,4 + 0,25}{20} + \frac{0,4}{40} \text{ (\%)}$$

$$CET = 0,45 \%$$

Vliv chemického složení, vyjádřené uhlíkovým ekvivalentem CET, tloušťky plechu  $d$ , obsah vodíku ve svarovém kovu  $HD$  a tepelném příkonu  $Q$ , lze pro výpočet teploty přehřevu  $T_p$  sloučit ve vzorci :

$$T_p = 697 \times CET + 160 \times \tanh\left(\frac{d}{35}\right) + 62 \times HD^{0,35} + (53 \times CET - 32) \times Q - 328$$

$$d = 34 \text{ mm}$$

$$HD = 8 \text{ ml/100g}$$

$$Q = 0,7 \text{ kJ/mm}$$

$$T_p = 697 \times 0,45 + 160 \times \tanh\left(\frac{34}{35}\right) + 62 \times 8^{0,35} + (53 \times 0,45 - 32) \times 1 - 328$$

$$T_p = 230 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

### 8.1.2 Teplota přehřevu materiálu S355J2+N

$$CET = 0,173 + \frac{1,7 + 0,006}{10} + \frac{0,06 + 0,25}{20} + \frac{0,4}{40} (\%)$$

$$CET = 0,35\%$$

$$d = 100 \text{ mm}$$

$$HD = 8 \text{ ml/100g}$$

$$Q = 0,7 \text{ kJ/mm}$$

$$T_p = 697 \times 0,45 + 160 \times \tanh\left(\frac{34}{35}\right) + 62 \times 8^{0,35} + (53 \times 0,45 - 32) \times 1 - 328$$

$$T_p = 210 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

### 8.1.3 Stanovení teploty přehřevu a teploty interpass

Byla stanovena teplota přehřevu 210 °C. Postupným svařováním udržíme dostatečně vysokou teplotu.

Interpass teplota byla stanovena na 300°C .



*Obr.15 Svařování zkušební vzorku*

## 8.2 Výsledky zavařeného vzorku A

Výsledky nedestruktivních zkoušek vizuální kontroly, magnetické zkoušky a zkoušky ultrazvukem podle požadavku ČSN EN 1712 st.2 byly vyhodnoceny jako vyhovující.

### 8.2.1 Příčná zkouška tahem

Výsledky vzorků příčné zkoušky tahem podle prováděcího předpisu ČSN EN ISO 4136 při 20°C byla hodnota 561-562 MPa. Minimální požadovaná hodnota byla 470 MPa jak je uvedeno viz. „příloha F“.

### 8.2.2 Zkouška lámavosti

Zkouška lámavosti podle ČSN EN 910 (dnes nahrazenou ČSN EN ISO 5173) tažená strana boční ohyb byla hodnocena jako vyhovující viz „příloha F“.

### 8.2.3 Zkouška rázem v ohybu

Zkouška rázem v ohybu byla podle prováděcího předpisu ČSN EN 149-1 (dnes nahrazenou ČSN EN 10045-1), který předepisuje hodnotu 27 J. Kus byl hodnocen jako vyhovující viz. „příloha H“.

- Hodnoty rázem v ohybu

Teplota (°C)	Umístění vrubu (mm)	Jednotlivé hodnoty (J)		Průměr (J)		Poznámky :
-20			-		min.27	-
-20	VWT 0/2	169	179	173	174	svarový kov
-20	VWT 0/2	300	258	300	286	20MnV6
-20	VWT 2/2	121	85	147	118	S355J2+AR



### 8.2.4 Zkouška tvrdosti

Zkouška tvrdosti byla provedena podle prováděcí předpisu ČSN EN 1043-1 (dnes nahrazenou ČSN EN ISO 9015-1) .Protokol viz. „příloha H“.

- Hodnoty zkoušky tvrdosti

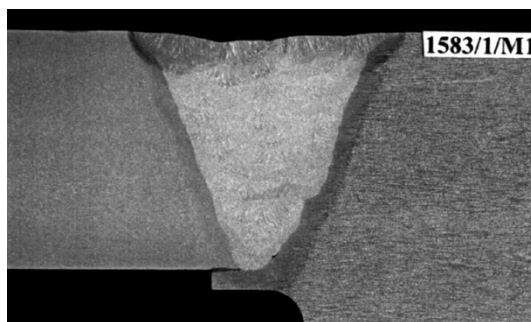
Min.Zm	Min.Too	Min.Sk	Min.Too	Min.Zm
<b>380 HV 10</b>				
249	247	201	289	168
<b>20 MnV6 + S355 J2</b>				
245	221	181	218	170

Tvrdot odpovídá požadavkům EN ISO 15614-1.

### 8.2.5 Zkouška makrostruktury

Zkouška makrostruktury byla provedena podle předpisu ČSN EN 1321. Vady ve zkušebním vzorku se musí pohybovat v rozsahu stanoveném v rozmezí stupně jakosti B podle EN 5817.

Vzorek A s propadlou krycí vrstvou patrnou na obr.16 je hodnocena jako vyhovující. V praxi bude povrch válce zarovnán po povrchu do hloubky 3 mm . Šířka tepelně ovlivněné oblasti je 4 mm. Vzorek byl naleptán 4% HNO<sub>3</sub> .



Obr.16 Makro S355J2 + 20MnV6

### 8.2.6 Zkouška mikrostruktury

Mikrostruktura svarového kovu je lící feriticko bainitická. Tepelně ovlivněná oblast u hranic ztavení I a II je bainitická. Také struktura základního materiálu je bainitická.



ZM 20MnV6

Too I

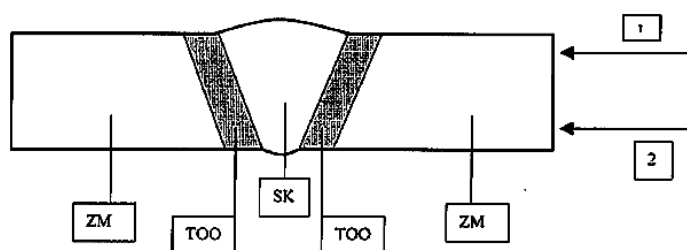
Svarový kov

Too II

ZM S355 J2

### 8.2.7 Zkouška mikrotvrdosti

Mikrotvrdost HV0,1 byla změřena pomocí mikrotvrdoměru LECO AMH 43 vždy v pěti oblastech a ve dvou liniích každého vzorku .



Obr. 17 Linie umístění vpichů

- Výsledky naměřených hodnot HV0,1 tvrdosti jsou uvedeny v následující tabulce.

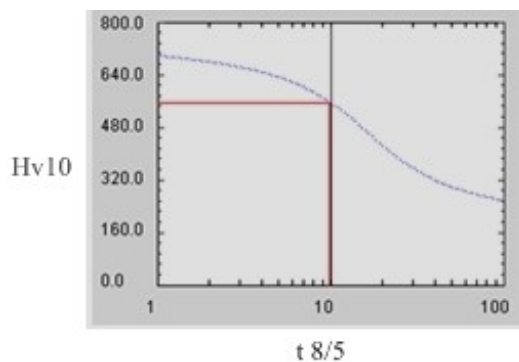
20MnV6			Too			Svarový kov			Too			S355J2	
243	240	251	208	215	196	166	153	163	326	318	305	303	296
244	249	232	222	231	231	211	198	219	301	328	295	238	228

## 9 . ZAVAŘENÍ ZKUŠEBNÍHO KUSU B

Trubka z materiálu 20MnV6 dno 42CrMo4. Na tomto vzorku byl prověřen současný postup a popsání příčiny vzniku vad ve svarovém spoji .

Podmínky svařování jsou zvoleny podle obtížněji svařovaného materiálu a to je na tomto heterogenním spoji ocel 42CrMo4.

Kritickým místem svaru z pohledu tvrdosti struktury se stane krycí vrstva kde hodnoty tvrdosti mohou překročit limit 380 HV .



*Obr. 18 Graf závislosti tvrdosti na  $t_{8/5}$*

Zkušební kus byl zavařen na robotizovaném pracovišti drátem G4Si1 splňující požadavky konstrukce na pevnost svarového spoje 500Mpa .

Pro tento válec byly stanoveny parametry dle výrobce příd. materiálu:

$$I=320 \text{ A}$$

$$U=33 \text{ V}$$

$$v= 8,3 \text{ mm/s}$$

- Výpočet hodnoty tepelného příkonu :

$$Q = k \times \frac{U \times I}{v} \times 10^{-3} \text{ (kJ/mm)}$$

$$Q = 0,7 \text{ (kJ/mm)}$$

## 9.1 Stanovení teploty předehřevu

Teplota předehřevu stanovena v závislosti na obsahu uhlíku [2] .

Obsah uhlíku (%)	Teplota předehřevu (°C)
0,20 – 0,30	100 - 150
0,30 - 045	150 - 275
<b>0,45 – 0,80</b>	<b>275 - 425</b>

Doporučená teplota předehřevu je 275 °C. Během svařování se s tepelným příkonem 0,7 kJ/mm teplota rychle vyšplhá nad teplotu 300 °C a tak velice rychle dosáhneme hranici interpass. Interpass teplota je stanovena na 300°C .

Vzorek pro svůj rozměr a stanovený tepelný příkon má nízký odvodem tepla. Z tohoto důvodu byla teplota předehřevu upravena na teplotu 220 °C. Postupným svařováním se udržíme na teplotě interpass bez čekání na ochlazení při jejím překročení.

## 9.2 Výsledky zavařeného vzorku B

Parametry 292-303 A , 32-33 V , rychlosti svařování  $v = 8,3$  mm/s , celkovým tepelným příkonem  $Q = 0,95$ . Byl použit plyn od firmy Linde Corgon 18 podle ČSN EN ISO 14 175 označený jako M21.

Po zavaření tohoto vzorku nebylo použito dohřevu. Každá vrstva byla očištěna od skloviny. Vzorek byl pozvolna ochlazen na vzduchu bez termozábalu.



*Obr.19 Zavařený vzorek B*

### 9.2.1 Příčná zkouška tahem

Výsledkem vzorku příčné zkoušky tahem podle prováděcího předpisu normy ČSN EN ISO 4136 při 20°C byla hodnota 624 MPa. Esab u drátu OK Autrod 12.64 udává hodnotu 595 Mpa. Konstrukér požadoval hodnotu min. 500 MPa.

### 9.2.2 Zkouška lámavosti

Při zkoušce lámavosti podle ČSN EN 910 se při bočním ohybu vyskytly trhliny, místy až 6mm .

### 9.2.3 Zkouška rázem ohybu

Zkouška rázem v ohybu byla provedena podle prováděcího předpisu ČSN EN 149-1, který předepisuje hodnotu 27 J.

Esab u drátu OK Autrod 12.64 udává hodnotu při -20 °C větší než 90 (J). Následující tabulka udává naměřené hodnoty viz. „příloha J“.

Teplota (°C)	Umístění vrubu (mm)	Jednotlivé hodnoty (J)		Průměr (J)		Poznámky :
-20			-		min.27	-
-20	VWT 0/2	146	160	158	155	svarový kov
-20	VWT 0/2	39	58	56	51	20MnV6+N
-20	VWT 2/2	163	192	164	173	42CrMo4+QT

### 9.2.4 Zkouška tvrdosti

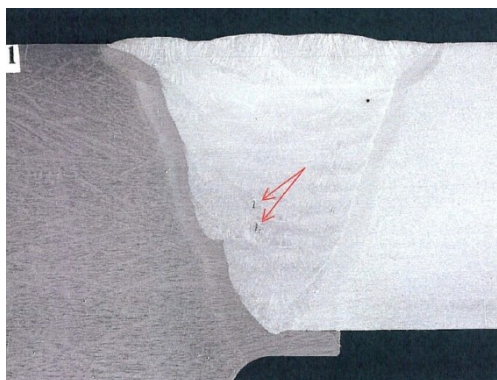
Zkouška tvrdosti byla provedena podle ČSN EN 1043-1. Naměřené hodnoty v tepelně ovlivněné oblasti na straně materiálu 42CrMo4 v hloubce 2 mm pod povrchem překročily stanovenou maximální mez 380 HV<sub>10</sub> a to o 1,16 násobek. Potvrdily se tak předpoklady a výpočty.

Min.Zm	Min.Too	Min.Sk	Min.Too	Min.Zm
Požadavek : 380 HV <sub>10</sub>				
327	<b>442</b>	215	304	247
<i>42CrMo4+QT</i>		+	<i>20 Mn6V</i>	
276	322	230	230	238

Kulatina 42CrMo4QT před zavařením má hodnotu 52 HRC. Výsledná tvrdost po zavaření je 32 HRC na konci materiálu. Pro srovnání hodnota materiálu S 690 tl. 60 po zavaření 22 HRC a materiálu S960 hodnota 33HRC.

### 9.2.5 Zkouška makrostruktury

Zkouška makrostruktury se provádí podle normy ČSN EN 1321. Vady ve zkušebním vzorku se musí pohybovat v stanoveném rozmezí stupně jakosti B podle EN 5817 předepsané v ČSN EN ISO 15614-1.



*Obr.20 Makrostruktura vzorku B*

Na vzorku jsou patrné dvě trhliny v délce 1,2 mm a pór o velikosti  $h = 0,5$  mm.

### 9.3 Vyhodnocení vzorku

Po dodatečné zkoušce tvrdosti, kdy byl materiál po povrchu osoustružen do hloubky 2 mm byly naměřeny přijatelné hodnoty tvrdosti do 380 HV10.

V praxi bude válec po zavaření zarovnan do hloubky 3 mm.

Trhliny ve svarovém kovu mohou být způsobené rychlým ochlazením vzorku ale také přídavným materiálem s obsahem vodíku nad 5 ml/100g.

Na dalších vzorcích ověřím obě varianty.

## 10. ZAVAŘENÍ ZKUŠEBNÍHO KUSU C

Trubka z materiálu 20MnV6V, dno 42CrMo4.

Vzorek byl zavařen stejnými parametry a postupovou rychlostí jako vzorek B, drátem G4Si1, s předehřátím na teplotu 200°C, každá mezivrstva byla očištěna od skloviny. Po zavaření se doporučuje svarové spoje ocelí s vyšším obsahem uhlíku dohřát na teplotu větší než 200°C po dobu 2 až 6 hodin pro snížení obsahu vodíku ve svaru [2].

V dílenských podmínkách pro cenově nákladné provedení dohřevu na dobu dvou hodin bylo vyzkoušeno aplikovat přímo termozábal ihned po dovaření při teplotě 300 °C.

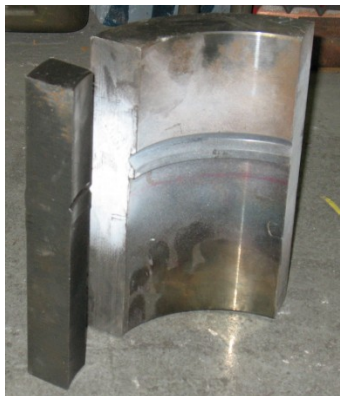
Ihned po zavaření byl vzorek zabalen do termodeky při teplotě 300°C.

### 10.1 Výsledky zavařeného vzorku C

Prověřili jsme v základních materiálech, tepelně ovlivněných oblastech a svarovém kovu tvrdost, makrostrukturu, mikrostrukturu, mikrotvrdost. Tedy zkoušky které u vzorku B měly vysoké hodnoty a vykazovaly vady.

Po ochlazení byla provedena NDT – zkouška ultrazvukem a magnetem. Obě zkoušky byly vyhodnoceny jako vyhovující.

Do víčka vzorku byla vyvrtána a následně vyfrézována (rozšířena) díra o průměru 190 mm. Vzorek byl rozřezán pro měření tvrdosti a provedení makra.



*Obr.21 Příprava vzorku C na zkoušky*

### **10.1.1 Tvrdost**

Vzorky při této zkoušce byly odebrány řezáním s intenzivním chlazením, aby jejich povrch nebyl ovlivněn použitou technologií. Řezy byly provedeny kolmo na osu svarového spoje. Vzorek zahrnuje základní materiál neovlivněný svařováním, obě tepelně ovlivněné oblasti a svarový kov. Povrch vzorku byl upraven broušením a leptáním pro zviditelnění jednotlivých oblastí svarového spoje .

Zkouška tvrdosti byla provedena v laboratoři VŠB podle Vickerse. Tvrdost experimentálního materiálu byla měřena přes všechny oblasti zavařeného vzorku metodou dle Vickerse HV10 na tvrdoměru LECO LV 700.

Při této metodě se vtlačil diamantový jehlan s vrcholovým úhlem mezi protilehlými stěnami  $136^\circ$  kolmo do obrobku pod silou 10 N. Tvrdost není fyzikální veličina, protože závisí od mnohých vlastností materiálu. Fyzikálně je hodnota tvrdosti bezrozměrné číslo, poměr síly a plochy odtlačku ( $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$ ) která odpovídá tlaku či napětí. Aby nedošlo k záměně tvrdosti za pevnost materiálu, udává se v bezrozměrných jednotkách závislých od měřicí metody. Změřil jsem úhlopříčky odtlačené jamky. Podle převodní tabulky následně zaznamenal jednotlivé hodnoty tvrdosti .

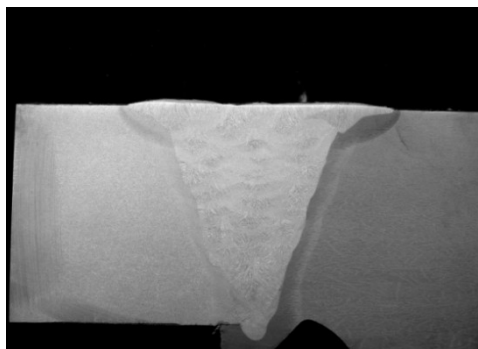
Měření proběhlo ve dvou liniích .

<b>Zkouška tvrdosti vzorek zavařen G4Si1</b>					
Vzorek	Zm	Too	Sk	Too	Zm
Požadavek	380 HV 10				
1	238	274	170	233	243
	<b>42CrMo4</b> + <b>20 Mn6V</b>				
2	251	209	222	206	242

Hodnoty v tabulce jsou uvedeny v průměrech jednotlivých částí měření.

### 10.1.2 Makro G4Si1

Zkouška makrostruktury byla provedena v laboratoři VŠB. Vzorek je bez viditelných vad a trhlin.



*Obr.22 Makrostruktura vzorku C*

### 10.1.3 Mikrostruktura

Původní vzorek byl rozřezán pro mikrotvrdost a mikrostrukturu a označen č.3 a č.4



*Obr.23 Připravené zalisované vzorky*

Výbrusy byly zhotoveny podle standardních postupů – broušeno za mokra a leštěno při použití leštících papírů 100, 220, 400, 600, 800.

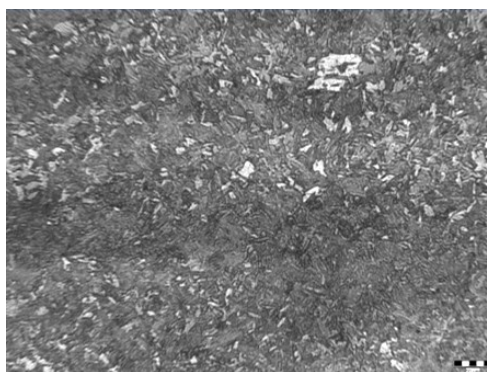
Pro pozorování mikrostruktury byl vzorek naleptán roztokem Vilely. Pozorování bylo provedeno na metalografickém mikroskopu při zvětšení objektivu 100 a 500.



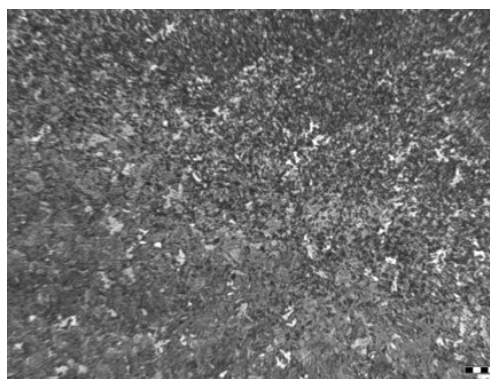
Fotodokumentace byla zhotovená pomocí Neophot 21, PC podpora Quick PHOTO Industrial 2.2, příprava a vybavení STRUERS

### **a) Vzorek č.3**

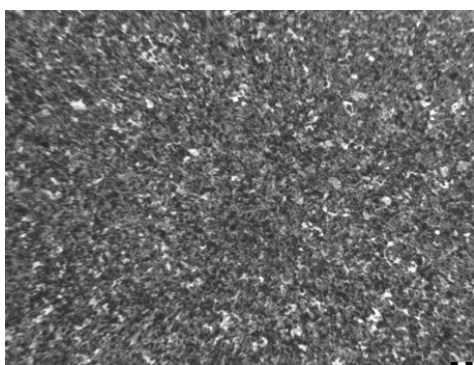
Vyhodnocení vzorku č.3 v oblastech materiálu 42CrMo4 , tepelně ovlivněné oblasti a svarového kovu .



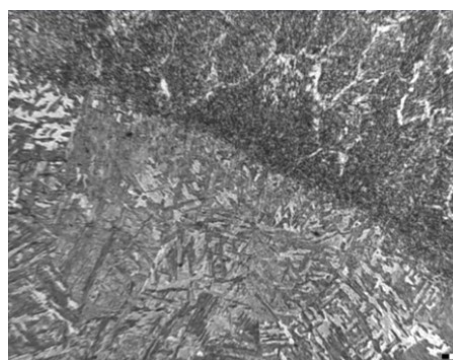
***Obr.24 základní materiál 42CrMo4***



***Obr.25 Základní materiál 42CrMo4-pásma Ac1***



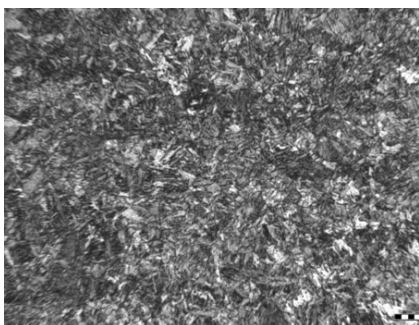
***Obr.26 Pásma normalizace  $Ac_3$***



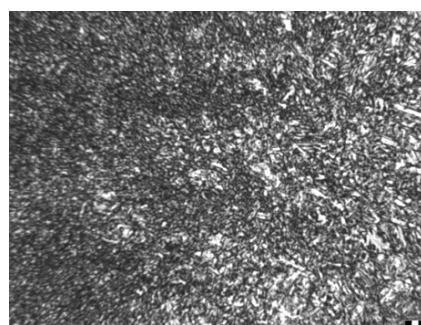
***Obr.27 Hranice ztavení svarový kov G4Si1***

### ***b) vzorek č.4***

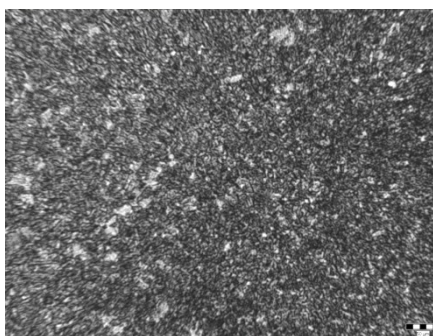
Vyhodnocení vzorku č.4 v oblastech materiálu 20MnV6, tepelně ovlivněné oblasti, svarovém kovu



***Obr.28 Základní materiál 20MnV6***



***Obr.29 základní materiál 20MnV6-pásma Ac<sub>1</sub>***



***Obr.30 Pásma normalizace Ac<sub>3</sub>***



***Obr.31 Hranice ztavení svarový kov G4Si1***

Mikrostruktura materiálu 42CrMo4 a 20 MnV6 je bainitická, velikost tepelně ovlivněné oblasti je maximálně 3 mm.

### **10.1.4 Mikrotvrdost**

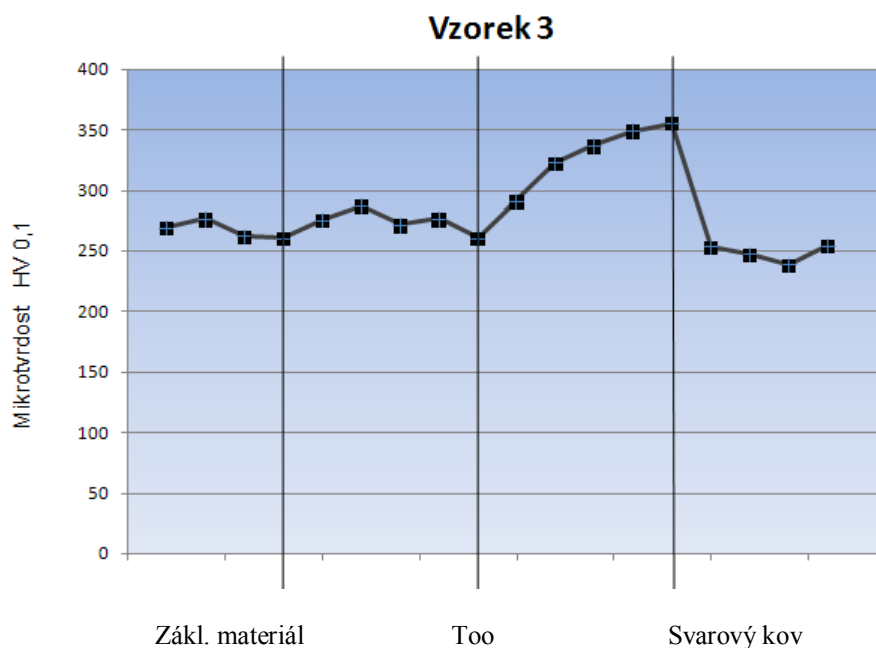
Mikrotvrdost HV0,1 byla měřena pomocí mikrotvrdoměru LECO AMH 43 na základním materiálu, tepelně ovlivněné oblasti a svarovém kovu v horní oblasti vzorku viz. „příloha K“.

#### ***a) Vzorek č.3***

- Naměřené hodnoty jsou uvedené v následující tabulce :

Naměřená mikrotvrdost Vzorek č.3			
<b><i>42CrMo4</i></b>	<b><i>Too</i></b>		<b><i>G4Si1</i></b>
253-260	263-323	271-355	233-254
262-262	275-291	334-349	227-238
276-250	260-256	279-337	231-247
269-262	276-273	263-323	229-253

- Grafické znázornění tvrdosti :

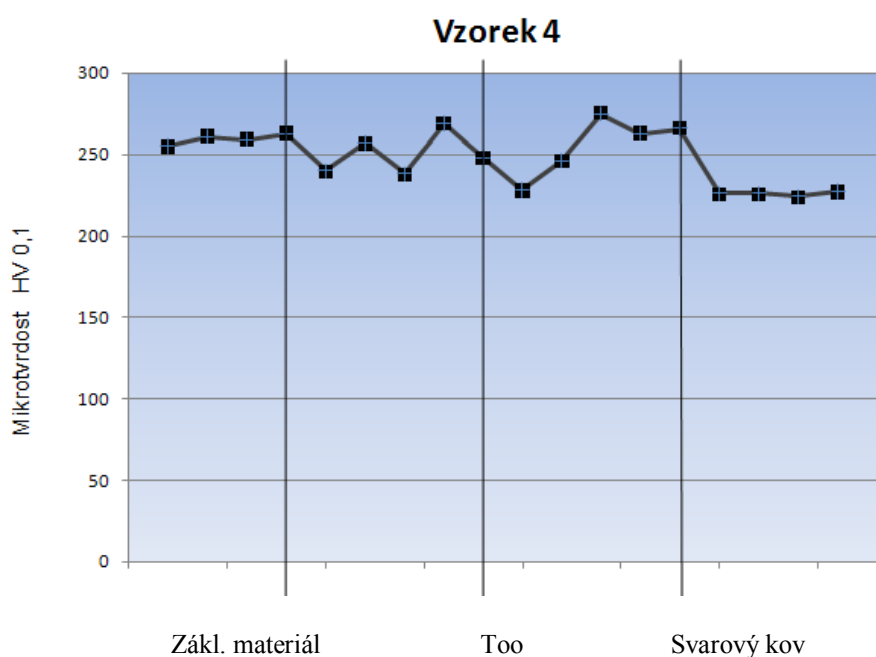


**b) vzorek č.4**

- Naměřené hodnoty jsou uvedené v následující tabulce :

Naměřená mikrotvrdost Vzorek č.4			
<i>20MnV6</i>	<i>Too</i>		<i>G4Si1</i>
264-238	269-231	259-266	227-213
259-213	238-224	254-263	224-215
261-249	257-228	246-275	226-224
255-232	240-238	246-236	226-226

- Grafické znázornění tvrdosti :



## 10.2 Vyhodnocení

Tvrдост se pohybuje v intervalu 213-227 HV10. Zhrublým zrnem klesá pevnost svaru a jeho houževnatost .

## 11 ZAVAŘENÍ ZKUŠEBNÍHO KUSU D

Vzorek byl zavařen trubičkovým drátem o průměru 1,6 mm označeným podle EN 758 T 46 6 MM 1 H5 .Výrobní označení Megafil 710M výrobce Oerlikon. Materiálový list viz. „příloha G“.

Parametry jsou stanoveny podle výrobce přídavného materiálu. Jedná se podle EN ISO 4063 metodu 136 na robotizovaném pracovišti.

$$I= 450 \text{ A}$$

$$U= 36 \text{ V}$$

$$v= 8,3 \text{ mm/s}$$

- Výpočet hodnoty tepelného příkonu :

$$Q = k \times \frac{U \times I}{v} \times 10^{-3} \text{ (kJ/mm)}$$

$$Q = 1,56 \text{ kJ/mm}$$

Svařování s vysokým tepelným příkonem má podobný účinek jako teplota předeřevu, protože více ohřívá okolí svaru a tím dochází k jeho pomalejšímu chladnutí.

### 11.1 Výsledky zavařeného vzorku D

Tak jako u vzorku C provedeme kontrolu UZ a MT, tvrdost, makrostrukturu, mikrostrukturu, mikrotvrđost.

#### 11.1.1 Tvrđost

Tvrđost materiálu byla měřena v laboratoři VŠB. Byly naměřeny následující hodnoty ve dvou liniích :

<i>Zkouška tvrdosti vzorek zavařen Megafil 710M</i>					
Vzorek	Zm	Too	Sk	Too	Zm
Požadavek	380 HV 10				
1	251	274	193	245	260
	<b>42CrMo4 + 20 Mn6V</b>				
2	262	248	224	206	242

### 11.1.2 Makro vzorku D

V horní části je patrná struska mezi jednotlivými vrstvami. Výrazné pásmo tepelně ovlivněné oblasti na straně materiálu 42CrMo4 široké až 4mm.



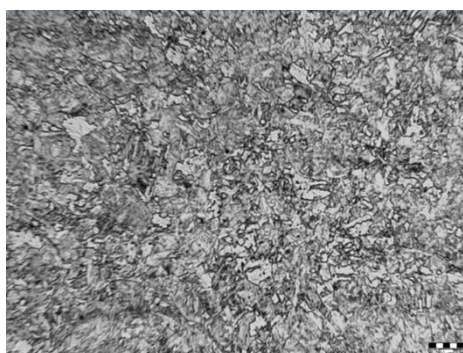
*Obr.32 Makrostruktura vzorku D*

### 11.1.3 Mikrostruktura

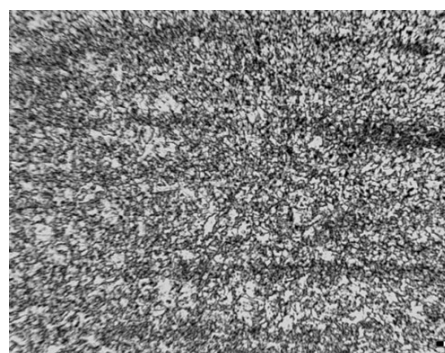
Fotodokumentace byla zhotovená pomocí Neophot 21, PC podpora Quick PHOTO Industrial 2.2, příprava a vybavení STRUERS.

#### 11.1.4 Mikrostruktura vzorek č.1

Vyhodnocení vzorku č.1 v oblastech materiálu 20 MnV6 ,Too , svarového kovu

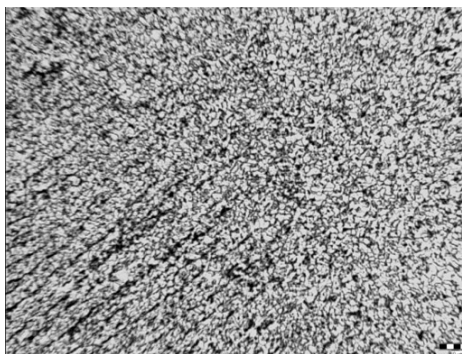


*Obr.33 Základní materiál 20MnV6V*



*Obr.34 Základní materiál 20MnV6 pásmo Ac1*





**Obr.35** Pásmo normalizace Ac3

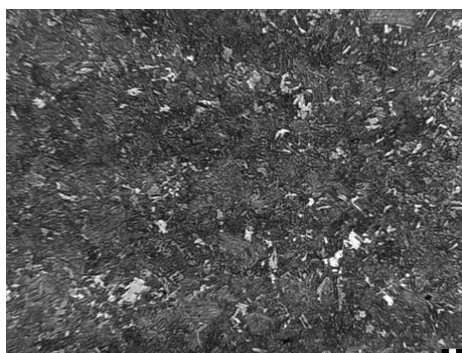


**Obr.36** Svarový kov Megafil 710

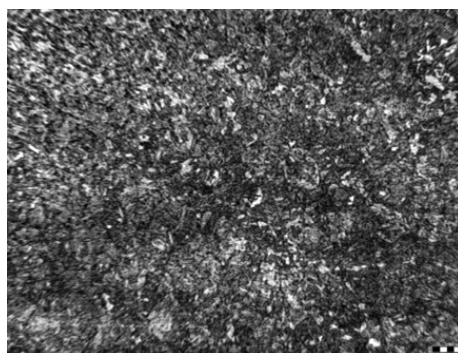
Svarový kov je tvořen zhrublým feritickým zrnem a bainitem. Tepelně ovlivněná oblast má bainitickou strukturu .

### 11.1.5 Mikrostruktura vzorek č.2

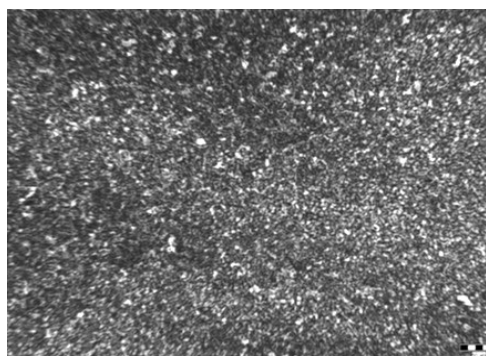
Byla měřena na materiálu 42 CrMo4, tepelně ovlivněné oblasti, svarovém kovu.



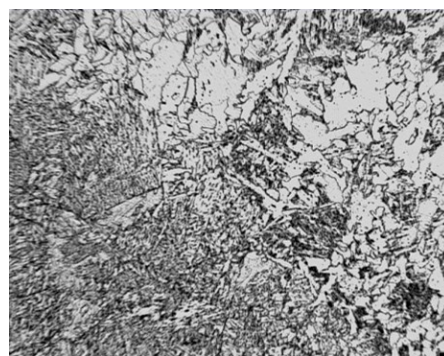
**Obr.37** Základní materiál 42CrMo4



**Obr.38** Základní materiál 42CrMo4 pásmo Ac<sub>1</sub>



**Obr.39** Pásmo normalizace



**Obr.40** Svarový kov zhrublé zrna

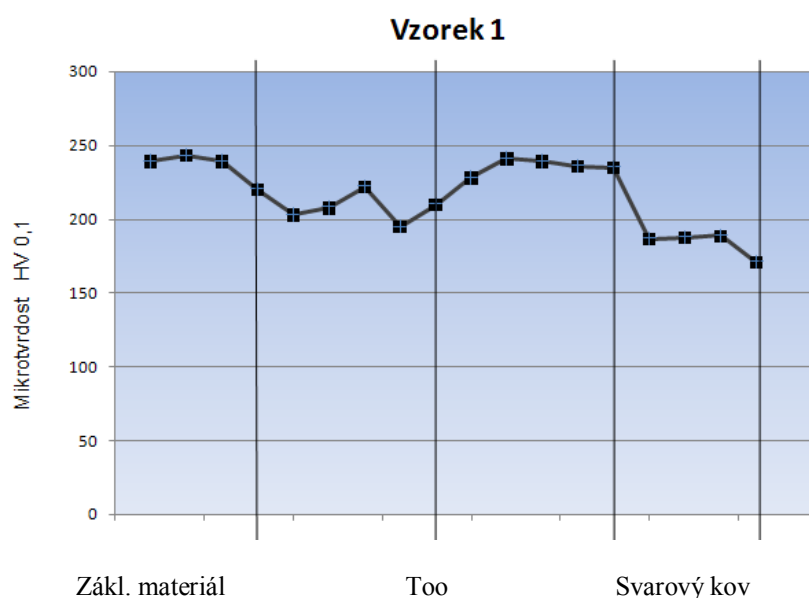
Svarový kov obsahuje hrubé feritické zrna s částicemi bainitu způsobené vysokým tepelným příkonem. Tepelně ovlivněná oblast má bainitickou strukturu .

### 11.1.6 Mikrotvrдость vzorek č.1

Mikrotvrдость HV0,1 .Uvedené hodnoty viz. „příloha K“.

Naměřená hodnoty -Vzorek č.1			
<i>20MnV6</i>	<i>Too</i>		<i>Megafil 710M</i>
239-225	188-179	239-224	172-171
243-243	165-189	241-238	188-179
239-238	187-177	225-228	165-189
220-219	189-195	216-210	187-177

- Grafické znázornění tvrdosti :

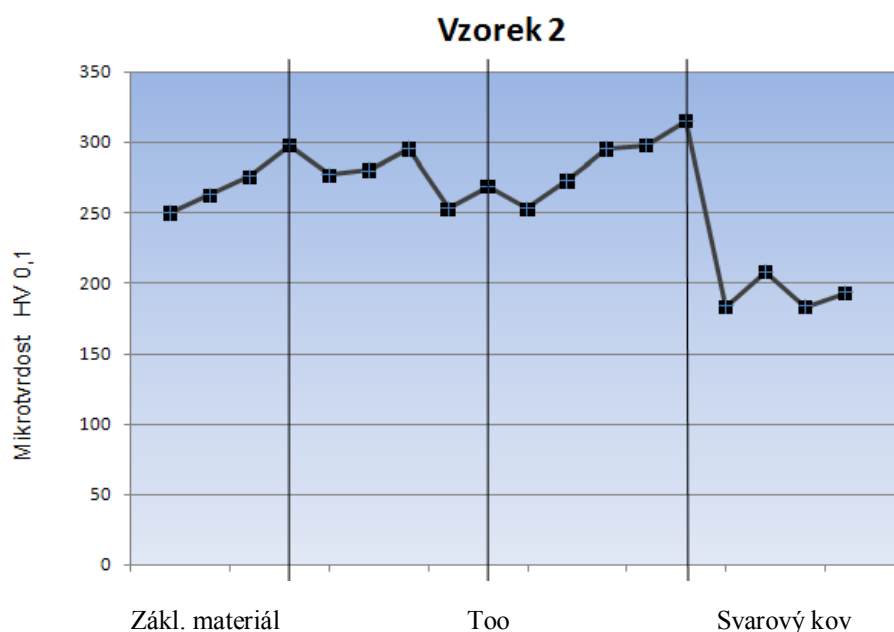


### 11.1.7 Mikrotvrдость vzorek č.2

Mikrotvrдость HV0,1 .Uvedené hodnoty viz. „příloha K“.

Naměřená hodnoty -Vzorek č.2			
<i>42CrMo4</i>	<i>Too</i>		<i>Megafil 710M</i>
264-238	183-181	250-253	193-193
259-213	208-204	269-260	183-181
261-249	180-183	253-253	208-204
255-232	273-273	269-280	180-183

- Grafické znázornění tvrdosti :



## 12. NÁKLADY NA ZHOTOVENÍ SVARU

Robotizace a automatizace při svařování přináší značné úspory, hlavně robotizace s vyšší postupovou rychlostí, podstatně zvyšuje využití pracovní doby prodloužením hoření oblouku a snížením přípravných časů pro svařování.

Pro ekonomické hodnocení svařování se používají různé ukazatele. Diplomová práce vychází ve výpočtu nákladu vynaložených na 1 kg odtaveného svarového kovu. Z tohoto kritéria, vycházející z typů a velikostí svarů se určily náklady na zavaření jednoho válce.

Jednotlivé náklady byly graficky porovnány .

Náklady na 1 kg svarového kovu tvoří:

- 1. Mzdové a režijní náklady svářeče
- 2. Náklady na přídatný materiál
- 3. Náklady na ochranné plyny

Odtavení svarového kovu je závislé na parametrech, technologii svařování, na průměru a rychlosti podávání drátu .



Podávání drátu je veličina nastavitelná na svařovacím zdroji nebo přímo na ručním ovládání OTC. Mezi rychlostí podávání drátu a proudem existuje přímo úměrná závislost.

Využití pracovní doby pro svařování, tedy podíl času hoření oblouku z celkové pracovní doby, kdy se vycházelo z konkrétních parametrů použitých při svařování vzorků s přídatnými materiály dvou průměrů a podle podmínek svařování (předehřev, manipulace s jeřábem apod.). Tento ukazatel se pohybuje u robotizovaného svařování kolem 70 až 80% [12]. Ve výpočtu u robotizovaného pracoviště bylo stanoveno 77% .

Výkon odtavení výrazně ovlivňuje ekonomiku svařování, zejména cenu za běžný metr svaru. Protože přesné porovnání metod 135 a 136 je obtížné a může být zatíženo velkými chybami bylo nutné porovnat rychlost svařování a množství odtaveného kovu za daných parametrů a podmínek svařování přímo na pracovišti.

Uvedené výpočty vycházejí z článku „Náklady na zhotovení svaru“ [12] a jsou přizpůsobeny robotizovanému pracovišti na divizi Hydraulika.

## 12.1 Mzdové a režijní náklady svářeče

Hodinová sazba svářeče -  $S_v$  (Kč/ hod.) je dána :

Mzdovými náklady + odvody z mezd + režijními náklady

Běžně se hodinová sazba pohybuje v rozmezí 300 až 600 Kč/hod. V tomto výpočtu je uvedeno 2077 Kč (údaj vychází ze SAP) .

Výkon odtavení při svařování -  $G_{tav}$  (kg/ hod. )

ESAB u drátu ok Autrod 12.64 udává hodnotu 2 - 8 kg/hod. Tato hodnota byla porovnána při zavaření zkušebního vzorku válce. Naměřena hodnota  $G_{tav} = 6$  (kg/hod.)

Mzdové a režijní náklady jsou počítány podle vzorce :

$$N_1 = \frac{S_v}{G_{tav} \times t_{využ}}$$

## 12.2 Náklady na přídatný materiál

Cena přídatného svařovacího materiálu -  $C_{sv}$  (Kč/ kg.)

Využití podílu přeměny přídatného materiálu ve svarový kov závisí na použité technologii. Hodnota pro MAG je cca 90% . V úvahu je brán rozstřík svarového kovu

Využití přídatného materiálu -  $V_{sv}$

Náklady na přídavný materiál jsou počítány podle vzorce :

$$N_2 = \frac{C_{sv}}{V_{sv}}$$

### 12.3 Náklady na ochranné plyny

$G_{\text{plyn}}$  - Průtočné množství ochranného plynu (l/ hod.). Běžné hodnoty 10 až 15 (l/ min).  
Ve výpočtu uvažujeme 15 ( l/ min.) = 900 (l/ hod.)

$C_{\text{plyn}}$  - Cena ochranného plynu (Kč/ litr). Při kalkulaci ceny je nutné brát v úvahu i náklady na pronájem lahví. Běžná cena pro svařečskou firmu, např. směsný plyn =cca 1480 Kč (50 litrová láhev/ tlak 300 bar, celkem 17,3 m<sup>3</sup>). Pro směsný plyn uvažujeme běžně cenu = 85 (Kč/ m<sup>3</sup>), včetně pronájmu za láhev. Pro potřeby výpočtu pak dosazujeme cenu .

$C_{\text{plyn}} = 0,086$  (Kč/ litr ). V praxi se cena za ochranný plyn pohybuje kolem 3 až 5 % z celkové ceny za odtavený svarový kov. Cena plynu může být nižší při použití rozvodů směsného plynu.

$G_{\text{tav}}$  Výkon odtavení při svařování (kg/ hod.)

$$N_3 = \frac{G_{\text{plyn}} \times C_{\text{plyn}}}{G_{\text{tav}}}$$

Celkové náklady na 1 kg odtaveného svarového kovu:  $N = N_1 + N_2 + N_3$  (Kč/ kg)

Přídavný materiál	Sv	Gtav	Tvyuž	N1	Csv	Vsv	N2	Qplyn	Cplyn	N3	N			
	[Kč/hod.]	[Kg/hod.]	%	[Kč/Kg]	[Kč/Kg]	%	[Kč/Kg]	[litr/hod]	[Kč/litr]	[Kč/Kg]	[Kč/Kg]			
G4Si1 prům 1,2	2077,35	5,9	0,77	494,607	33	90	36,667	900	0,086	12,9	544,17			
Mzdové a režijní náklady svařeče Kč/kg			494,60714	Náklady na přídavný materiál Kč/kg			36,667	Náklady na ochranné plyny Kč/kg			12,9			
$N_1 = \frac{S_{sv}}{G_{tav} \times t_{využ}}$				$N_2 = \frac{C_{sv}}{V_{sv}}$				$N_3 = \frac{G_{plyn} \times C_{plyn}}{G_{tav}}$						
Sv-hodinová sazba svařeče			2077,35	Csv- cena přídavného materiálu Kč/kg			33	Gplyn- průtokové množství plynu l/hod			900			
mzdové náklady svařeče			120	Vsv-využití přídavného materiálu (90%)			0,9	Cplyn-Cena ochranného plynu Kč/litr			0,086			
režijní náklady svařeče			1912,85					Gtav-výkonodtavení drátu kg/hod			6			
odvody mezd			44,5											
Gtav-výkon odtavení drátu kg/hod			6											
tvyuž-časový fond podniku (70%)			0,7											

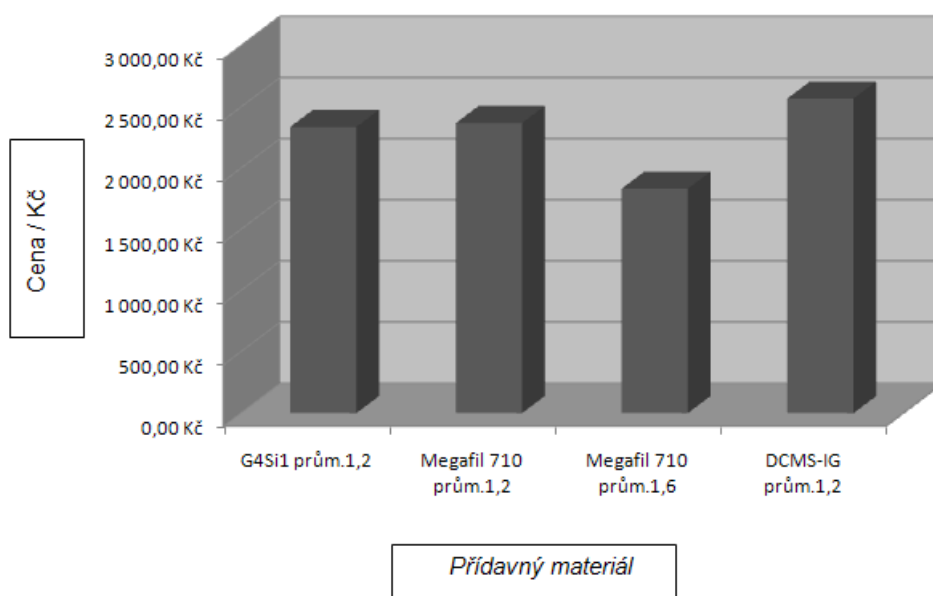
**Tab.1** Celkové náklady na svařování příd.materiálem G4Si1

Metoda	S <sub>v</sub> (Kč / hod)	G <sub>fav</sub> (Kg/ hod)	T <sub>využ</sub> (%)	N <sub>1</sub> (Kč / kg)	G <sub>sv</sub> (Kč / Kg)	V <sub>sv</sub> (%)	N <sub>2</sub> (Kč / Kg)	Q <sub>plyn</sub> (l / hod)	C <sub>plyn</sub> (Kč / litr)	N <sub>3</sub> (Kč / kg)	N (Kč / kg)
G4Si1	2077	6	0,77	495	33	90	36,6	900	0,086	12,9	544
Megafil 1,6	2077	8,22	0,77	328	80	90	100	900	0,086	9,41	426,5

**Tab.2** Cenové porovnání použitých přídavných materiálů

Výsledkem je úspora na ochranném plynu, mzdových a režijních nákladech při použití trubičkového drátu Megafil 710M o průměru 1,6 mm.

Tato úspora je především díky rychlejšímu zavaření přídavným materiálem většího průměru s vyšším výkonem odtavení za relativně příznivou cenu.



**Obr.41** Cenové porovnání přídavných materiálů na zavaření jednoho válce

## 13. ZÁVĚR

**Vzorek A** -Svarový kov válce s kombinací materiálu S355 + 20 Mn6V, má patrně jemnější zrna bainitického charakteru vyznačující se dobrou vrubovou houževnatostí (minimální hodnota 85 J při -20°C). Osvědčil se drát OK Autrod 12.64 při celkovém tepelném výkonu 0,7 kJ/mm. Ideální teplota předehřevu pro tloušťku materiálu 33 mm je 150°C s dodržováním teploty interpass 300°C .

U vzorků do tloušťky 34 mm není nutný termozábal. U válců tloušťky nad 50 mm se použije termozábal na pozvolné ochlazení svarového spoje. Po pozvolném ochlazení se provede žihání na odstranění vnitřního pnutí.

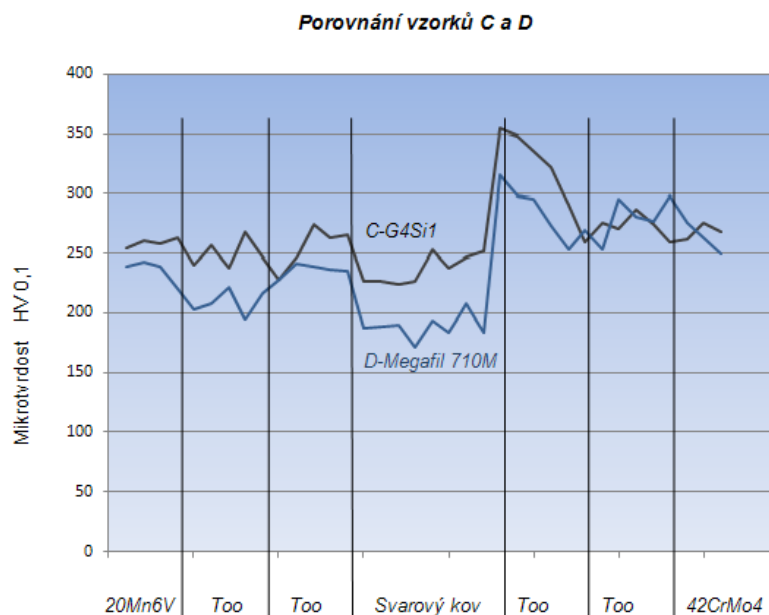
Pro snížení výrobních nákladů o 23% viz. výpočty v kapitole 12 je nejekonomičtější na materiály 20MnV6 +S355 použít přídatný materiál Megafil 710M o průměru 1,6 mm.

**WPQR bude zavařena přídatným materiálem Megafil 710M o průměru 1,6 mm.**

**Vzorky C a D.** Vzhledem k martenzitické struktuře je materiál 42CrMo4 náchylný na přehřátí a zhrubnutí zrna především v TOO svaru. Předehřev je nutný minimálně 220°C. Tepelný příkon do 1kJ/mm, interpass teplota by ale neměla překročit 300°C.

Během svařování válce v praxi teplota rychle stoupá a po zavaření 4 vrstvy dosáhneme teploty interpass 300 °C. V kořenových místech nebyly zaznamenány žádné indikace. Zámek v kořenové části spoje, kterým je svarový spoj podložen je v praxi odsoustružen. Jednotlivé housenky jsou při vrstveném svařování přežíhány a vykazují tvrdost max. 220 HV10, a odpovídají bainitické struktuře svarového kovu a to ve všech vzorcích ve spodní části svaru. Od poloviny výšky svaru roste zrna svarového kovu, což je místy způsobeno překročením teploty interpass 300°C a překročením tepelného příkonu na 1,6 kJ/mm. Potvrdilo se tak že je nutné dodržovat teplotní rozmezí předehřev- interpass a tepelný příkon do 1 kJ/mm vzhledem ke kvalitě svarového spoje. V praxi budou svařovány na polohovadlech dva válce současně, po dosažení teploty interpass (přibližně po zavaření 4 vrstvy) se robot přesune na protější kus. Po ochlazení kusu na 220°C se robot opět přesune zpět a takto střídavě zavaří oba válce současně v rozmezí teplot předehřev- interpass. Termozábal je nutné aplikovat ihned po dovaření při teplotě válce okolo 300°C.

Při porovnání obou výsledků vzorků C a D z hlediska tvrdosti vykazuje stabilnější hodnoty vzorek C zavařený přídatným materiálem G4Si1. Oba přídatné materiály jsou s hodnotami pevnosti a tvrdostí výrazně níže než oba základní materiály. Pevnost svarového kovu G4Si1 je v rozsahu 605 – 700 MPa, nejnižší hodnoty pevnosti materiálu 20MnV6 byla naměřena 800Mpa. Hodnoty pevnosti obou přídatných materiálů odpovídají požadavkům konstrukce na 500Mpa.



Při porovnání ceny a výkonu svařování je drát Megafil 710 M o průměru 1,6 mm ekonomičtější. Použitím trubičkového drátu o průměru 1,6 mm došlo výrazným způsobem k zhrubnutí zrna ve svarovém kovu, překročením teploty interpass a použitého tepelného příkonu. K dosažení pevnostně odpovídajícího svarového spoje se použije trubičkový drát o průměru 1,6 mm STEIN-MEGAFIL 807 M viz. *příloha M*, případně trubičkový drát Oerlikon-Fluxofil 42.

Tento drát je cenově srovnatelný s Megafil 710 M, to znamená že při použití tohoto přídavného materiálu o průměru 1,6 mm ušetříme na režijních nákladech v porovnání se současným stavem 23% na jednom válci s pevnostně odpovídajícím svarem.

Na vzorku D byl v horní vrstvě struskový vměstek, je vždy nutné důkladně očistit každou svarovou vrstvu od skloviny a strusky. Při použití trubičkového drátu bylo množství skloviny podobné jako při použití drátu plného. Vytavení strusky při svařování trubičkovým drátem Megafil 710M se tak nepotvrdilo.

Ve výrobě při použití materiálu 42CrMo4 bude nutná kontrola každého kusu UZ.

Vyskytnou-li se v sériové výrobě při použití tohoto přídavného materiálu trhliny (vzhledem k náchylnosti materiálu 42CrMo4 na trhliny za studena) a také značné tuhosti svarového spoje válce bez tepelného zpracování, bude nutné použít následná technologická opatření. Snížit hladinu vnitřního napětí krátkodobým dohřevem na obou stranách materiálu v našem případě na teplotu 300-320 °C minimálně na jednu hodinu, při kterém se vyrovná existující tlaková napětím po svařování a uvolní se tahová napětí ve svaru. Bezprostředně následujícím pozvolným ochlazením v termozábalu zaniknou napětí

vyvolaná ohřevem a vzniklé smršťující síly způsobí elastické odpružení svaru. Tímto opatřením zamezíme také vzniku studených trhlin snížením difuzního vodíku ve svarovém spoji. Použití je omezeno do tloušťky asi 40 mm [1].

U válců s tloušťkou materiálu nad 40 mm bude nutné aplikovat tepelné zpracování ihned po zavaření bez dochlazení na 150 °C .Ohřátí na 660-700°C minimálně 1 hod. s ochlazením v peci až do 320 ° C, následné ochlazení na vzduchu.

**WPQR pro kombinaci těchto materiálů bude zavařena přídavným materiálem, STEIN-MEGAFIL 807 M za výše popsaných podmínek pro tloušťku materiálu 34 mm s termozábalem .**

## 14. SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ

### *Literatura:*

[1] **Koukal, J., Zmydlený, T. Svařování I.** 1. vydání. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2005. 133 s. ISBN 80-248-0870-6.

[2] **Koukal, J. a kol. Materiály a jejich svařitelnost:** učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. 2. Ostrava: ČSÚ, 2009. 241 s. ISBN 978-80-248-2025-5

[3] **Pilous, V. materiály a jejich chování při svařování:** učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. 1. vydání. Ostrava: Zeross, 2009. 74 s.

### *Ostatní zdroje:*

[4] Manuál OTC Daihen

[5] SSAB Domex Hardenable Steel -High Carbon Steel , [online] , dostupné na [www  
http://www.brugsa.com.ar/data/gb346dxhcarb.pdf](http://www.brugsa.com.ar/data/gb346dxhcarb.pdf)

[6] Přehled vlastností oceli 42CrMo4 Bolzano , [online] , dostupné na [www  
http://prirucka.bolzano.cz/cz/technickapodpora/techprirI/tycovaocel/EN10083/](http://prirucka.bolzano.cz/cz/technickapodpora/techprirI/tycovaocel/EN10083/)

[7] BÖHLER V320 , [online] , dostupné na [www  
http://www.foztrading.com/data%20sheets/V320DE.pdf](http://www.foztrading.com/data%20sheets/V320DE.pdf)

[8] ESAB - Repair of diesel engine pistons , [online] , dostupné na [www  
http://www.esab.com/global/en/products/upload/pistons.pdf](http://www.esab.com/global/en/products/upload/pistons.pdf)

[9] Böhler DCMS-IG , [online] , dostupné na [www  
http://www.bw-group-china.com/attach/products/Bohler%20DCMS-](http://www.bw-group-china.com/attach/products/Bohler%20DCMS-)

[10] ESAB , Katalog přídatných svařovacích materiálů , Vamberk , 2011. 320 s.

[11] Wirpo s.r.o. [online] , dostupné na [www  
http://www.wirpo.cz/produkty/pridavnematerialy/56-pm4.html](http://www.wirpo.cz/produkty/pridavnematerialy/56-pm4.html)

[12] Parametry, které ovlivňují náklady na svařování [online] , dostupné na [www  
http://www.allforpower.cz/UserFiles/files/2011/Zelezarenska\\_KLadno.pdf](http://www.allforpower.cz/UserFiles/files/2011/Zelezarenska_KLadno.pdf)

## 15. PŘÍLOHY

**Příloha A** Návary na poloautomatickém pracovišti

**Příloha B** Materiálový list oceli S355J2+AR

**Příloha C** Materiálový list oceli 20MnV6V

**Příloha D** Doporučení pro svařování vysokopevných ocelí materiálu 20mnV6V

**Příloha E** Materiálový list oceli 42CrMo4+QT

**Příloha F** Výsledky vzorek A materiálů S355 + 20mnV6V ,zkoušky tahem ,zkoušky lámavosti

**Příloha G** Materiálový list Megafil 710M

**Příloha H** Výsledky vzorku A materiálů S355 + 20mnV6

Zkouška rázem v ohybu ,zkouška tvrdosti

**Příloha I** Výkres vzorek A G4Si1

**Příloha J** Výsledky vzorku B materiálů 42CrMo4 + 20mnV6V

Zkouška rázem v ohybu

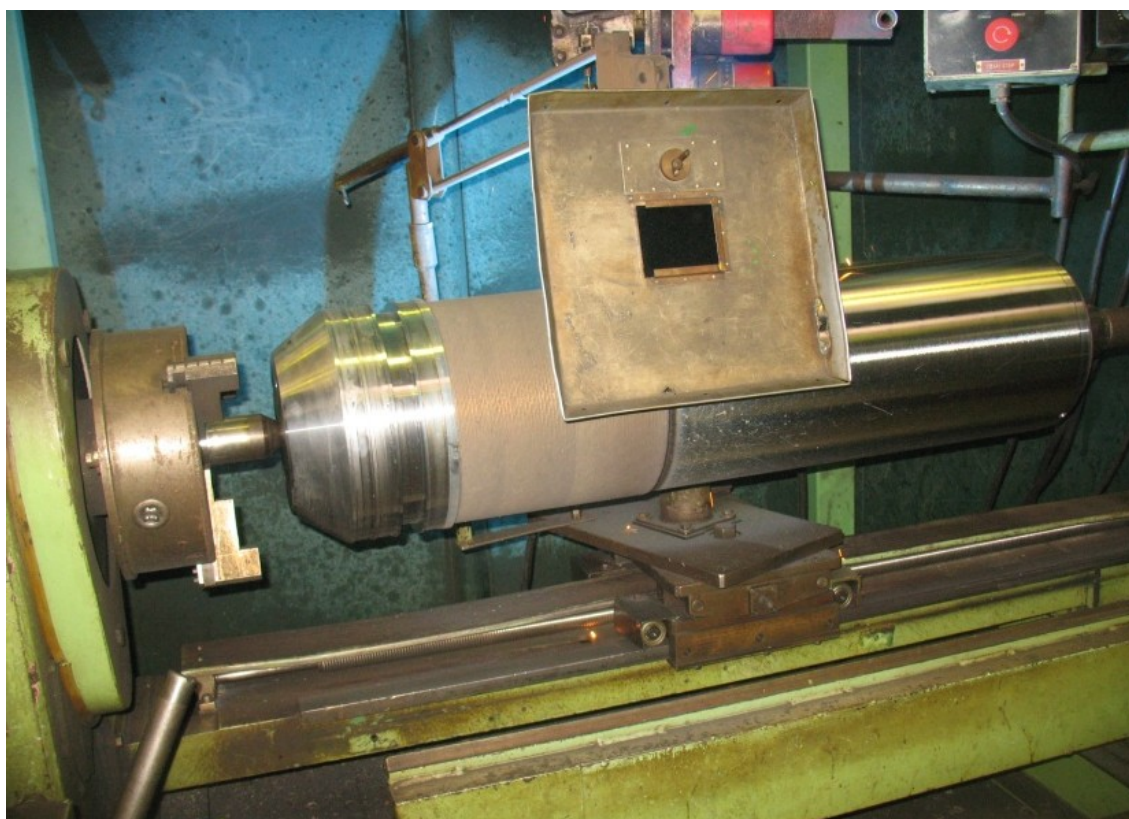
**Příloha K** Vzorky C a D naměřená mikrotvrdost

**Příloha L** Výkres vzorků D Megafil 710M


**Příloha M** Přídavný materiál Megafil 830M



## Příloha A



## Příloha B



**HUTA BANKOWA**  
SOKOŁA 2 0 0  
ul. Sokolskiego 24  
41-300 Ogórnica Górnicza

**Świadectwo odbioru 3.1 Nr 02675/11**  
Inspection certificate 3.1  
Abnahmeprüfzeugnis 3.1  
Certificat de réception 3.1

**PN-EN 10204**

**Zamawiający**  
Ordered by - Besteller

**ENGINEERING OSTRAVA a.s.**  
ul. Hlubinska 917/20 702 00 Moravská Ostrava

**Czechy / Czech Republic**  
VAT reg nr CZ25817179

**Adres wysyłkowy**  
Address - Versandadresse

**ENGINEERING OSTRAVA a.s.**  
ul. Hlubinska 917/20 702 00 Moravská Ostrava

**Nr faktury**  
Invoice No. and date

**1120000432**  
11.02.21

**Nr zamówienia**  
Order No.

**HN-3268250311**  
PL/731994842/11.02.21

**Wzrostek wg normy**  
Produced according to  
Normative control Norm

**EN 10025-2**  
**EN 10025 12004**  
**EN 10080 2003**  
**EN10221:1995 K1B**

**Wzrostek**  
Control No.

**1802306**  
**283 0064**

**Przedmiot i wykonanie**  
Item and specification (heat and mechanical treatment etc.)  
Gegenstand und Ausführung (Wärme- und mechan. Bearbeitung usw.)

**Wymiar lub rysunek**  
Dimension or drawing  
Abmessung oder Zeichnung

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**Przedmiot i wykonanie**  
Item and specification (heat and mechanical treatment etc.)  
Gegenstand und Ausführung (Wärme- und mechan. Bearbeitung usw.)

**Wymiar lub rysunek**  
Dimension or drawing  
Abmessung oder Zeichnung

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**Przedmiot i wykonanie**  
Item and specification (heat and mechanical treatment etc.)  
Gegenstand und Ausführung (Wärme- und mechan. Bearbeitung usw.)

**Wymiar lub rysunek**  
Dimension or drawing  
Abmessung oder Zeichnung

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**Grupa**  
Group

**1. SKŁAD CHEMICZNY - CHEMICAL COMPOSITION - CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG %**

	C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	V	Sn	As	Ti
120681	0.15	1.43	0.210	0.012	0.017	0.03	0.03	0.02	0.013	0.001	0.006	0.003	0.004
	Al	Al met	Nb	N	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>					CEV[%]	Ceq[%]	X [%]
	0.025	0.025	0.001	0.0068							0.3999		

	C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	V	Sn	As	Ti
	Al	Al met	Nb	N	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>					CEV[%]	Ceq[%]	X [%]

**2. BADANIA MECHANICZNE - MECHANICAL TEST - MECHANISCHE UNTERSUCHUNGEN**

	R <sub>m</sub>	R <sub>p0.2</sub>	R <sub>p1.0</sub>	R <sub>p1.5</sub>	R <sub>p2.0</sub>	R <sub>p2.5</sub>	R <sub>p3.0</sub>	R <sub>p3.5</sub>	R <sub>p4.0</sub>	R <sub>p4.5</sub>	R <sub>p5.0</sub>	R <sub>p5.5</sub>	R <sub>p6.0</sub>	R <sub>p6.5</sub>	R <sub>p7.0</sub>	R <sub>p7.5</sub>	R <sub>p8.0</sub>	R <sub>p8.5</sub>	R <sub>p9.0</sub>	R <sub>p9.5</sub>	R <sub>p10.0</sub>
120681	337	517	34.4	51.6																	

	KV	KCU2	KCU5
120681	36.34.40		

**3. BADANIA TECHNOLOGICZNE - TECHNOLOGICAL TESTS - TECHNOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN**

	Struktura
120681	

**4. BADANIA METALOGRAFICZNE - METALLOGRAPHIC TESTS - METALLOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN**

	Struktura
120681	

**5. BADANIA METALOGRAFICZNE - METALLOGRAPHIC TESTS - METALLOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN**

	Struktura
120681	

**6. BADANIA METALOGRAFICZNE - METALLOGRAPHIC TESTS - METALLOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN**

	Struktura
120681	

**7. BADANIA METALOGRAFICZNE - METALLOGRAPHIC TESTS - METALLOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN**

	Struktura
120681	

**8. BADANIA METALOGRAFICZNE - METALLOGRAPHIC TESTS - METALLOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN**

	Struktura
120681	

**9. BADANIA METALOGRAFICZNE - METALLOGRAPHIC TESTS - METALLOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN**

	Struktura
120681	

**10. BADANIA METALOGRAFICZNE - METALLOGRAPHIC TESTS - METALLOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN**

	Struktura
120681	

**11. BADANIA METALOGRAFICZNE - METALLOGRAPHIC TESTS - METALLOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN**

	Struktura
120681	

**12. BADANIA METALOGRAFICZNE - METALLOGRAPHIC TESTS - METALLOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN**

||
||
||



PP-20765-09



## VÁLCOVNÁ TRUB TŽ

List 1

Number: A 2009/06/002008-BEN



**CORRECTION**

VÁLCOVNA TRUB TŽ, a.s. / Výstavní 1132/ 70602 Ostrava-Vítkovice / Czech republic

Objednávka :  
4400034308010

Zakázka/Kontrakt :  
9700019148  
0041106876 / 157

OSTROJ a.s.  
Těšínská 1586/68  
746 41 Opava  
Česká republika

Avizo :  
09/06/000717 03.06.2009

Inspekční certifikát 3.1, EN 10204

Druh výrobku, rozměr, specifikace	Množství	Značka jakostní stupeň	Norma
Trubky hladké bezelvé 267,00 x 50,00 mm	6 ks 24,93 m 6767 kg	20MnV5+N	EN 10297-1 02/2003 EN 10297-1

**Predator (trubly):**

Císlo lavky	Císlo zkoušky	Mez kluzu R <sub>yk</sub> MPa	Pevnost v tahu R <sub>m</sub> MPa	Tažnost A <sub>5</sub> %	Zuženi Z %	Nárazové práce J	Vrbové houč. Jom2	Tvrdost HBW
		min 430	550-740	min 20		10x10 mm		
		Směr vlákien L				Směr vlákien T Teplotou(°C): 20	Směr vlákien Teplotou(°C):	
T53189	25530	431,30	632,60	27,80	-	72,90,96		

Tavební chemická analýza v % (hrubý):

Tests	C	Mn	Si	P	S	V	Cr	Mg	N	N	Al	V	Nb	Ti	Cu		
T83160	0.000	1.440	0.340	0.018	0.003	0.130	0.07	0.03	0.05	0.0099	0.025	0.130	0.001	0.002	0.05		

Taxa : T53159

Číslo tržeb : 22112,22111,18824,18825,25530,25531

Richard :

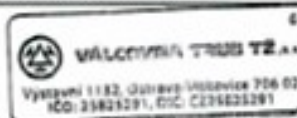
Logo|EN 10297-1|20MnV6|ZN,ZKOUŠEJ|Cih|C. sruby

Vizuální a rozměrová kontrola	-vyhoví	X	Zi, vnitřní přetlakem vodu-překročení tlak 7 MPa	-vyhoví	X
Zkouška smáčknutím	-vyhoví		Zkouška nepropustnosti nadeš, metodou	-vyhoví	
Kroužk, zkouška tahem do roztržení	-vyhoví		Nedestruktivní elektromagnetická zkouška	-vyhoví	
Kroužk, zkouška roztažením do roztržení	-vyhoví		Zkouška ultrazvukem	-vyhoví	
Kroužk, zkouška roztažením na tahu	-vyhoví		Zkouška točivostí	-vyhoví	
Zkouška chybem	-vyhoví		Zkouška průchozím vnitřním tlakem	-vyhoví	

Všechny výrobky odpovídají výše uvedeným normám a požadavkům v objednávce  
Přetržení je vydáváno výlučně na vlastní odpovědnost dodavatele

V Ostravě-Vítkovicích 05.06.2009  
dne 08.06.2009

tel.: 00420/59/595/2354  
fax: 00420/59/595/2159



industry engaged

## Příloha D

Hochfester Baustahl für Rohre schweißgeeignet		Werks-Bez. MW450 MW450M MW450K EN/DIN-Bez. 20MnV8 20MnV8 20MnV8K Werkst. Nr. 1.6217 1.6217M 1.6217K			Werkstoffblatt  039R Juli 2004																																																																																												
Geltungs- Bereich		<p>Dieses Werkstoffblatt gilt für nahtlose Rohre aus hochfesten, schweißbaren Baustählen, die im Lieferzustand die nachfolgend genannten Eigenschaften aufweisen. Die Stähle werden bei Anforderungen an hohe Härte und/oder Streckgrenze in Verbindung mit guter Schweißbarkeit verwendet. Anwendungsbeispiele: Maschinenbauteile wie Ringe, Achsen, Wellen, Rollen, Kolbenstangen und Zylinder, Leitungen für Feststofftransport u. ä.</p> <p>Zum Einsatz kommen Maschinenbau-Stahlrohre (MBS-Rohre) nach der Liefervorschrift MBS-62 oder EN 10294, Dreiteilrohre nach TLD-63 sowie nahtlose Rohre nach DIN 2448 in Verbindung mit DIN 1529, DIN 17121, EN 10297-1 oder EN 10210-1. Bei Rohren nach DIN 1529 im Zustand U oder V erfüllt der Ringversuch.</p> <p>In der Bestellung ist der gewünschte Lieferzustand anzugeben, sofern nicht unbehandelt (U) oder bei MW450K (N) gewünscht wird. Bei den Lieferzuständen N und V ist der Buchstabe an die Bezeichnung anzuhängen.</p> <p>Der Zustand U kann nicht bei MW450K, bei Wanddicken über 50 mm und nicht bei Rohren, die nach dem Preß- und Ziehverfahren gefertigt sind, bestellt werden.</p> <p>Beispiel: MW450 N bzw. 20MnV8 N</p> <p>Die Anwendung unter Raumtemperatur oder für hochdruckführende Bauteile, z. B. Hydraulikzylinder, erfordert den Einsatz von Rohren mit Kerbschlagzähigkeit d.h. Rohren im Lieferzustand N oder V - die mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 B oder C nach EN 10 204 geliefert werden.</p> <p>Für Rohre, die für besondere Verwendungszwecke (z. B. zum Verchromen) vorgesehen sind, müssen zusätzliche Vereinbarungen getroffen werden.</p> <p>Rohre aus vergleichbaren Stählen nach EN 10210-1 können nach Werkstoffblatt 258R geliefert werden.</p> <p>Für Innendruckbeanspruchung gibt es ähnliche Stähle nach dem Blatt 270R.</p> <p>Die gesamte Verarbeitungs- und Anwendungstechnik ist von grundlegender Bedeutung für die Gebrauchsbewährung der Erzeugnisse aus diesen Stählen. Der Verarbeiter muß sich davon überzeugen, daß seine Bearbeitungs-, Konstruktions- und Arbeitsverfahren werkstoffgerecht sind, dem Stand der Technik entsprechen und sich für den vorgesehenen Verwendungszweck eignen. Bei der Verarbeitung ist das GEW 068 zu beachten.</p> <p>Die Auswahl der Stahlart obliegt dem Besteller.</p>																																																																																															
Chemische Zusammen- setzung (Schmelzen- analyse)		<table><tr><th>Werks- bezeichnung</th><th>C %</th><th>Si %</th><th>Mn %</th><th>P % max.</th><th>S % max.</th><th>Cr % max.</th><th>Mo % max.</th><th>Ni % max.</th><th>Cu % max.</th><th>N % max.</th><th>Al %</th><th>V % max.</th><th>(V+Nb+Ti) % max.</th></tr><tr><td>MW450</td><td>0,16</td><td>0,10</td><td>1,30</td><td>0,035</td><td>max. 0,040</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0,010 <sup>1)</sup></td><td>0,06 <sup>1)</sup></td><td></td></tr><tr><td>MW450M</td><td>bis</td><td>bis</td><td>bis</td><td>0,035</td><td>0,015-0,040</td><td>0,40</td><td>0,20</td><td>0,40</td><td>0,25</td><td>0,020</td><td>bis</td><td>bis</td><td>0,21</td></tr><tr><td>MW450K</td><td>0,22</td><td>0,50</td><td>1,70</td><td>0,025</td><td>max. 0,025</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0,060</td><td>0,15</td><td></td></tr></table> <p>Die Stähle können je max. 0,05% Nb und 0,03% Ti enthalten.</p> <p><sup>1)</sup> Wenn der Stickstoff zusätzlich durch Nb und/oder Ti abgebunden wird entfallen die Mindestgehalte an Al und V</p>												Werks- bezeichnung	C %	Si %	Mn %	P % max.	S % max.	Cr % max.	Mo % max.	Ni % max.	Cu % max.	N % max.	Al %	V % max.	(V+Nb+Ti) % max.	MW450	0,16	0,10	1,30	0,035	max. 0,040						0,010 <sup>1)</sup>	0,06 <sup>1)</sup>		MW450M	bis	bis	bis	0,035	0,015-0,040	0,40	0,20	0,40	0,25	0,020	bis	bis	0,21	MW450K	0,22	0,50	1,70	0,025	max. 0,025						0,060	0,15																													
Werks- bezeichnung	C %	Si %	Mn %	P % max.	S % max.	Cr % max.	Mo % max.	Ni % max.	Cu % max.	N % max.	Al %	V % max.	(V+Nb+Ti) % max.																																																																																				
MW450	0,16	0,10	1,30	0,035	max. 0,040						0,010 <sup>1)</sup>	0,06 <sup>1)</sup>																																																																																					
MW450M	bis	bis	bis	0,035	0,015-0,040	0,40	0,20	0,40	0,25	0,020	bis	bis	0,21																																																																																				
MW450K	0,22	0,50	1,70	0,025	max. 0,025						0,060	0,15																																																																																					
Mechanische Eigenschaften bei Raum- temperatur		<table><tr><th rowspan="3">Stahl- Bezeichnung</th><th rowspan="3">Liefer- zustand</th><th colspan="4">Zugfestigkeit R<sub>m</sub> in N/mm<sup>2</sup></th><th colspan="6">Streckgrenze R<sub>eH</sub> in N/mm<sup>2</sup> mindestens</th><th colspan="2">Bruchdehnung A (L<sub>0</sub> = 5,65√S<sub>0</sub>)</th></tr><tr><th colspan="4">bei Wanddicken in mm</th><th colspan="6">bei Wanddicken in mm</th><th colspan="2">min. in %</th></tr><tr><th>Bis</th><th>&gt;25- 25</th><th>&gt;50- 50</th><th>&gt;80- 80</th><th>Bis</th><th>&gt;12- 12</th><th>&gt;25- 25</th><th>&gt;40- 40</th><th>&gt;50- 50</th><th>&gt;65- 65</th><th>&gt;80- 80</th><th>längs</th><th>quer</th></tr><tr><td>MW450 20MnV8</td><td>U</td><td>650- 800</td><td>620- 770</td><td>-</td><td>-</td><td>470</td><td>470</td><td>450</td><td>430</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>17</td><td>15</td></tr><tr><td>MW450M 20MnV8</td><td>N</td><td>600- 750</td><td>580- 710</td><td>530- 680</td><td>500- 650</td><td>450</td><td>440</td><td>420</td><td>400</td><td>390</td><td>380</td><td>380</td><td>19</td><td>17</td></tr><tr><td>MW450K 20MnV8K</td><td>V</td><td>700- 850</td><td>650- 800</td><td>570- 720</td><td>520- 670</td><td>590</td><td>570</td><td>540</td><td>510</td><td>480</td><td>450</td><td>420</td><td>16</td><td>14</td></tr></table> <p><sup>1)</sup> Prüft sich die obere Streckgrenze nicht aus, so gelten die Werte für die 0,2%-Dehngrenze (Rp<sub>0,2</sub>)</p>												Stahl- Bezeichnung	Liefer- zustand	Zugfestigkeit R <sub>m</sub> in N/mm <sup>2</sup>				Streckgrenze R <sub>eH</sub> in N/mm <sup>2</sup> mindestens						Bruchdehnung A (L <sub>0</sub> = 5,65√S <sub>0</sub> )		bei Wanddicken in mm				bei Wanddicken in mm						min. in %		Bis	>25- 25	>50- 50	>80- 80	Bis	>12- 12	>25- 25	>40- 40	>50- 50	>65- 65	>80- 80	längs	quer	MW450 20MnV8	U	650- 800	620- 770	-	-	470	470	450	430	-	-	-	17	15	MW450M 20MnV8	N	600- 750	580- 710	530- 680	500- 650	450	440	420	400	390	380	380	19	17	MW450K 20MnV8K	V	700- 850	650- 800	570- 720	520- 670	590	570	540	510	480	450	420	16	14
Stahl- Bezeichnung	Liefer- zustand	Zugfestigkeit R <sub>m</sub> in N/mm <sup>2</sup>				Streckgrenze R <sub>eH</sub> in N/mm <sup>2</sup> mindestens						Bruchdehnung A (L <sub>0</sub> = 5,65√S <sub>0</sub> )																																																																																					
		bei Wanddicken in mm				bei Wanddicken in mm						min. in %																																																																																					
		Bis	>25- 25	>50- 50	>80- 80	Bis	>12- 12	>25- 25	>40- 40	>50- 50	>65- 65	>80- 80	längs	quer																																																																																			
MW450 20MnV8	U	650- 800	620- 770	-	-	470	470	450	430	-	-	-	17	15																																																																																			
MW450M 20MnV8	N	600- 750	580- 710	530- 680	500- 650	450	440	420	400	390	380	380	19	17																																																																																			
MW450K 20MnV8K	V	700- 850	650- 800	570- 720	520- 670	590	570	540	510	480	450	420	16	14																																																																																			
Physikalische Eigenschaften bei Raum- temperatur (Richtwerte)		<table><tr><th>Dichte</th><th>Elastizitäts- modul (dynamischer)</th><th>Wärme- leitfähigkeit</th><th>Wärme spezifische Wärmekapazität</th><th>Temperatur- leitfähigkeit</th><th>Mittlerer linearer Wärme- ausdehnungskoeffizient (Zwischen 20 und 100°C)</th><th>Magnetisches Verhalten</th></tr><tr><th>10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup></th><th>kN/mm<sup>2</sup></th><th>W/m.K</th><th>J/kg.K</th><th>10<sup>-6</sup>m/mK</th><th>10<sup>-6</sup>/K</th><th></th></tr><tr><td>7,85</td><td>212</td><td>40</td><td>461</td><td>11</td><td>11,9</td><td>magnetisierbar</td></tr></table>												Dichte	Elastizitäts- modul (dynamischer)	Wärme- leitfähigkeit	Wärme spezifische Wärmekapazität	Temperatur- leitfähigkeit	Mittlerer linearer Wärme- ausdehnungskoeffizient (Zwischen 20 und 100°C)	Magnetisches Verhalten	10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>	kN/mm <sup>2</sup>	W/m.K	J/kg.K	10 <sup>-6</sup> m/mK	10 <sup>-6</sup> /K		7,85	212	40	461	11	11,9	magnetisierbar																																																															
Dichte	Elastizitäts- modul (dynamischer)	Wärme- leitfähigkeit	Wärme spezifische Wärmekapazität	Temperatur- leitfähigkeit	Mittlerer linearer Wärme- ausdehnungskoeffizient (Zwischen 20 und 100°C)	Magnetisches Verhalten																																																																																											
10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>	kN/mm <sup>2</sup>	W/m.K	J/kg.K	10 <sup>-6</sup> m/mK	10 <sup>-6</sup> /K																																																																																												
7,85	212	40	461	11	11,9	magnetisierbar																																																																																											
V A L L O U R E C & M A N N E S M A N N T U B E S																																																																																																	

# Příloha E



0217101112

SOCHOROVÁ VÁLCOVNA TŽ



SOCHOROVÁ VÁLCOVNA TŽ, a.s. / Průmyslová 1000/ 739 70 Třinec - Staré Město / Czech republic

Page: 1 of 1

Number: 2008/06/006108-PER

Klöckner Stal i Metal Polska  
Sp. z o.o.  
ul. 28 Czerwca 1956 roku nr. 223-229  
61-485 Poznań  
Poland

Ihr Auftrag - Your order:  
1002088112

Works Nr. - Our order:  
7000284191 / 000010  
0041093286 / 67

Aniso - Advise note:  
oderfor

Waggon No:

EU-Lieferschein Nr.-Delivery note:  
08/08/004048/01 27.08.2008

SMYR305 SMYP088

## Abnahmeprüfzeugnis 3.1 - Inspection certificate 3.1 - Certificat de réception 3.1, EN 10204:2004

Lieferung - Delivery - Livraison	Gewicht - Weight - Poids	Stufe - Grade - Qualité	Norm - Standard - Norme
<p>HOT ROLLED ROUND STEEL BARS 42CRMO4</p> <p>1002068112</p> <p>QUENCHED AND TEMPERED</p> <p>260 mm 4-6 m</p>	4.755 kg	<p>42CrMo4</p> <p>Q + T</p>	EN10083-3:06.96

## CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG - CHEMICAL ANALYSIS - COMPOSITION CHIMIQUE (%)

Schmelze Heat No Charge No	Gewicht Mass (kg)								
T44149	4755	C	MN	SI	P	S	CR	NI	CU
BO- cc blooms		0.42	0.81	0.28	0.019	0.025	1.17	0.04	0.03
		MO	AL	SN	V	TI	N	H	
		0.191	0.030	0.003	0.006	0.0020	0.0087	1.30	ppm

## MECHANISCHE WERTE - MECHANICAL VALUES - QUALITES MECHANIQUES

Schmelze Heat No Charge No	Streckgrenze Yield point Limite d'écail. R (MPa)	Zugfestigkeit Tensile strength Résistance Rm (MPa)	Bruchdehnung Elongation Allongem A5 (%)	Bruchdehnung Contraction Contraction Z (%)	Schlagarbeit Energy of impact Résilience KV (J/MKV Ulemz)	Rauchgrad nach Microcleaness accordin DIN 50 602 KA	Hardness HB
T44149	567	855	19,2	64,8		K4-max:20	266 -270

Ultrasonic inspection results SPP 1921 C/c - satisfactory  
Spectrotest 100 %  
Vacuum degassed practice.

Products which do not cause harmful emission of toxic gases,dangerous particles or radiation to the indoor environment nor contamination of the outdoor environment(air,soil,or water)

DIE RADIOISOTOPISCHEAKTIVITÄT MAX. 100 BQ/KG WURDE EINGEHALTET.  
RADIO - ISOTOPIC ACTIVITY WAS CONTROLLED IN LADLE SAMPLE, IT WAS NO HIGHER THAN 100 BQ/KG.

Eva Perglerová  
osobní oprávněný zástupce  
unabhängiger berechneter Vertreter



## Příloha F



**Český svářečský ústav s.r.o.**

Divize inspekce - inspekční orgán č. 4005

Areál VŠB - TU Ostrava, 17. listopadu 2172/15  
708 33 Ostrava Poruba



WPQR - PROTOKOL O SCHVÁLENÍ POSTUPU SVAŘOVÁNÍ	Inspekční postup	Registrační č.	č. WPQR
	IMP č.2	1R - 1583	1P - 1583

### VÝSLEDKY ZKOUŠEK

#### NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY

Zkouška	Prováděcí předpis	Požadavek dle předpisu	Provedl	Číslo protokolu	Výsledek
Vizuální kontrola VT	ČSN EN 970	ČSN EN ISO 15614-1	ČSÚ s.r.o. Ostrava	1R-1583/VTP	Vyhovující
Zkouška kapilární PT	ČSN EN 571-1	ČSN EN ISO 23277 st. 2X	DEKRA Industrial, s.r.o.	216/11	Vyhovující
Zkouška ultrazvukem UT	ČSN EN 1714	ČSN EN 1712 st.2	DEKRA Industrial, s.r.o.	215/11	Vyhovující


#### DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY

Příčná zkouška tahem						
Prováděcí předpis:		ČSN EN ISO 4136			Číslo protokolu:	4141B11 Vítkovice Testing Center s.r.o.
Požadavek dle předpisu:		ČSN EN ISO 15614-1			Výsledek:	vyhovující
Vzorek	Teplota (°C)	R <sub>m</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	R <sub>0,2</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	A (%)	Z (%)	Místo porušení
Požadavek:	+20	min. 470	-	-	-	-
1583 T1	+20	562	-	-	-	ve svaru
1583 T2	+20	561	-	-	-	v S355J2+AR

Zkouška lámavosti						
Prováděcí předpis:		ČSN EN 910			Číslo protokolu:	4141B11 Vítkovice Testing Center s.r.o.
Požadavek dle předpisu:		ČSN EN ISO 15614-1			Výsledek:	Vyhovující
Vzorek	Teplota (°C)	Ø trau (mm)	Úhel ohybu (°)	Tažená strana	Výsledek:	Poznámky
Požadavek:	+20	4t	180	-	-	-
1583 O1	+20	4t	180	boční ohyb	Vyhovující	-
1583 O2	+20	4t	180	boční ohyb	Vyhovující	-
1583 O3	+20	4t	180	boční ohyb	Vyhovující	-
1583 O4	+20	4t	180	boční ohyb	Vyhovující	-

# Drahtzug Stein, wire & welding GmbH & Co. l

Teilnr 02 2 D-67317 Drahtzug - Alteming

LS - Nr. Order No. Commande No.:		Kunde: WIRPO s.r.o. Hájická 12 CZ 671 000 Brno													
Auftraggeber: Commission No.: Référence:		<b>DRAHTZUG STEIN</b> wire & welding													
Zusatzverpackung/Consumable: Sorten/type: Abmessung / Diameter Ø:		Füllmetallende / Flux cored wire MEGAFIL 6 710 M 1,6 mm		Brenndraht/Consumable: Spannung/Voltage: Schweißgeschw./Welding speed: Schutzgas/Schling gas: Schutzgasmenge: Stick out: Position: Züschmelztemperatur:											
Normbezeichnung/Specification: EN 1558: AWS/AASME Spec. ICCSFA 5.20: 08-Kennzeichennummer:		T 46 4 W M 1 H5 E 70 C-63 0 42 027 05		300 A 30 V 40 cm/min M21 Ar-CO2-mix 15 l/min 15 mm PA 11 G 150 °C											
Bemerkung: Remark:		- JE 71 T 1 / E 71 T 1-5													
<b>Analysis - Analysis</b>															
Position	Bemerkung Remark	Charge Lot-Nr. Batch	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	N <sub>2</sub>	Ti	B
1		045063	0,046	0,79	1,62	0,011	0,007								
<b>Zugversuch - Tensile Test - Traction</b>															
Position	Wärmebehandl. Heat-treatment	Charge Lot-Nr. Batch	Rm (N/mm²)	A (%)											
1	unbehandelt as welded	045060	556	36											
<b>Kerbschlagbiegeversuch - Impact Test</b>															
Position	Wärmebehandl. Heat-treatment	Charge Lot-Nr. Batch	RT °C	RT °C	-20°C	-40°C	-60°C								
			137	98	76	63	127	125							
			113	95											
<b>Kerbschlagbiegeversuch - Impact Test</b>															
Position	Wärmebehandl. Heat-treatment	Charge Lot-Nr. Batch	RT °C	RT °C	-20°C	-40°C	-60°C								
			137	98	76	63	127	125							
			113	95											
Dieses Zeugnis wurde auf EDV erstellt und daher nicht unterschrieben. This report has been carried by our EDV system and will there fore not been signed															
Drahtzug Stein GmbH & Co KG Datum: 12.05.2005 Qualitätsingenieur Ziegler															

## Příloha H



**Český svářečský ústav s.r.o.**

Divize inspekce - inspekční orgán č. 4005

Areál VŠB - TU Ostrava, 17. listopadu 2172/15  
708 33 Ostrava Poruba



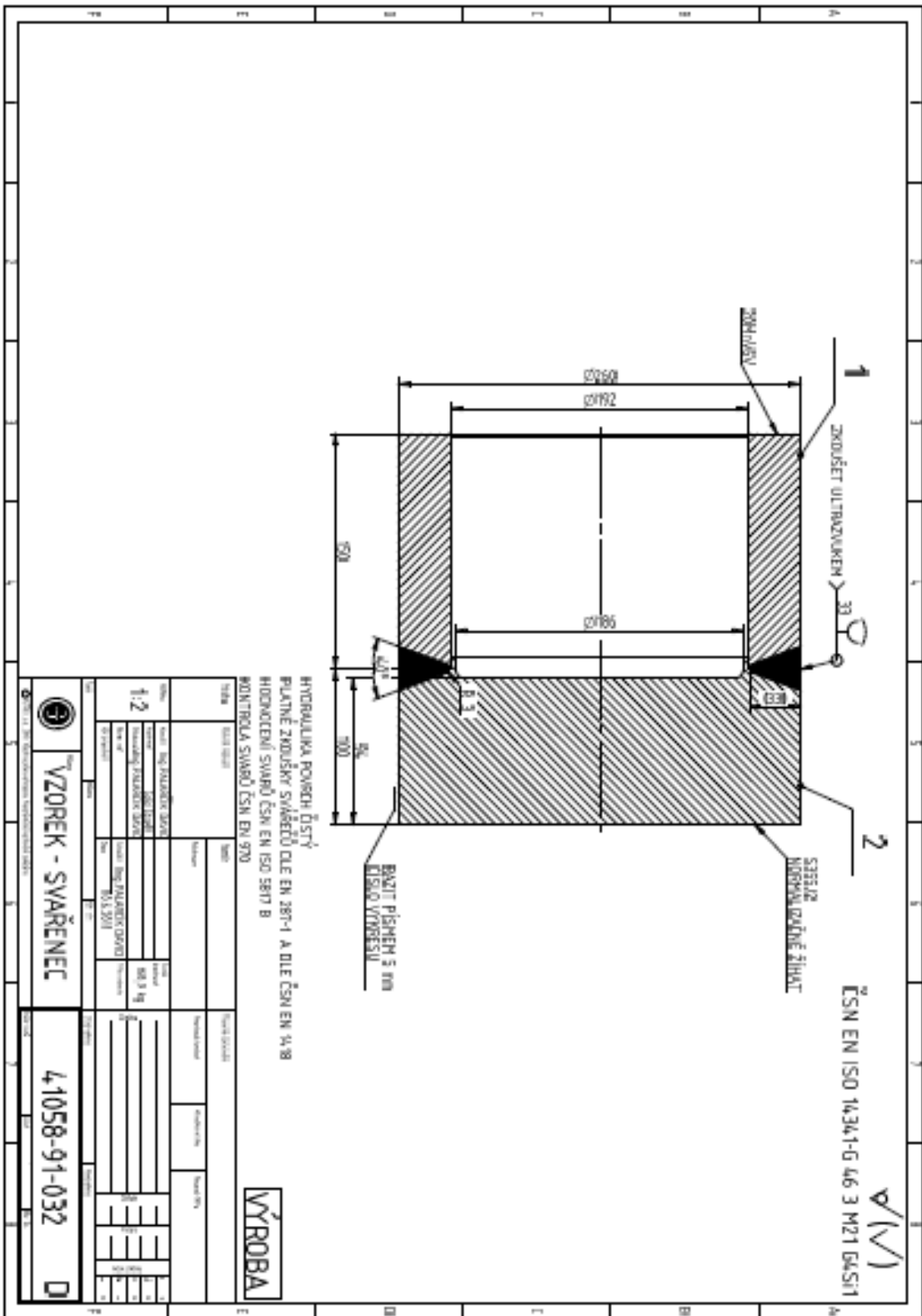
WPQR - PROTOKOL O SCHVÁLENÍ POSTUPU SVAŘOVÁNÍ	Inspekční postup	Registrační č.	č. WPQR
	IMP č.2	1R - 1583	1P - 1583

Zkouška rázem v ohybu							
Prováděcí předpis:		ČSN EN 148-1		Číslo protokolu:		4141B11 Vítkovice Testing Center s.r.o.	
Požadavek dle předpisu:		ČSN EN ISO 15614-1		Výsledek:		Vyhovující	
Vzorek	Teplota (°C)	Umístění vrubu	Jednotlivé hodnoty (J)			Průměr (J)	Poznámky
Požadavek:	-20	-	-	-	-	min. 27 J	-
1583 V1-V3	-20	WHT 0/2	169	179	173	174	-
1583 V4-V6	-20	VHT 0/2	300	258	300	286	20MnV6+N
1583 V7-V9	-20	VHT 2/2	121	85	147	118	S355J2+AR

Zkouška tvrdosti							
Prováděcí předpis:		ČSN EN 1043-1				Číslo protokolu:	4141B11 Vítkovice Testing Center s.r.o.
Požadavek dle předpisu:		ČSN EN ISO 15614-1				Výsledek:	Vyhovující
Vzorek	min. ZM	min. TOO	min. SK	min. TOO	min. ZM	Umístění jednotlivých vpichů viz protokol č. 4141B11	
Požadavek:	380 HV 10						
1583 M1	249	247	201	289	168	VÍTKOVICE TESTING CENTER s.r.o.	
Požadavek:	380 HV 10					4141B11	
1583 M1	245	221	181	218	170	VÍTKOVICE TESTING CENTER s.r.o.	



## Příloha I



## Příloha J



**Český svářečský ústav s.r.o.**

Divize inspekce - inspekční orgán č. 4005

Areál VŠB - TU Ostrava, 17. listopadu 2172/15  
708 33 Ostrava Poruba



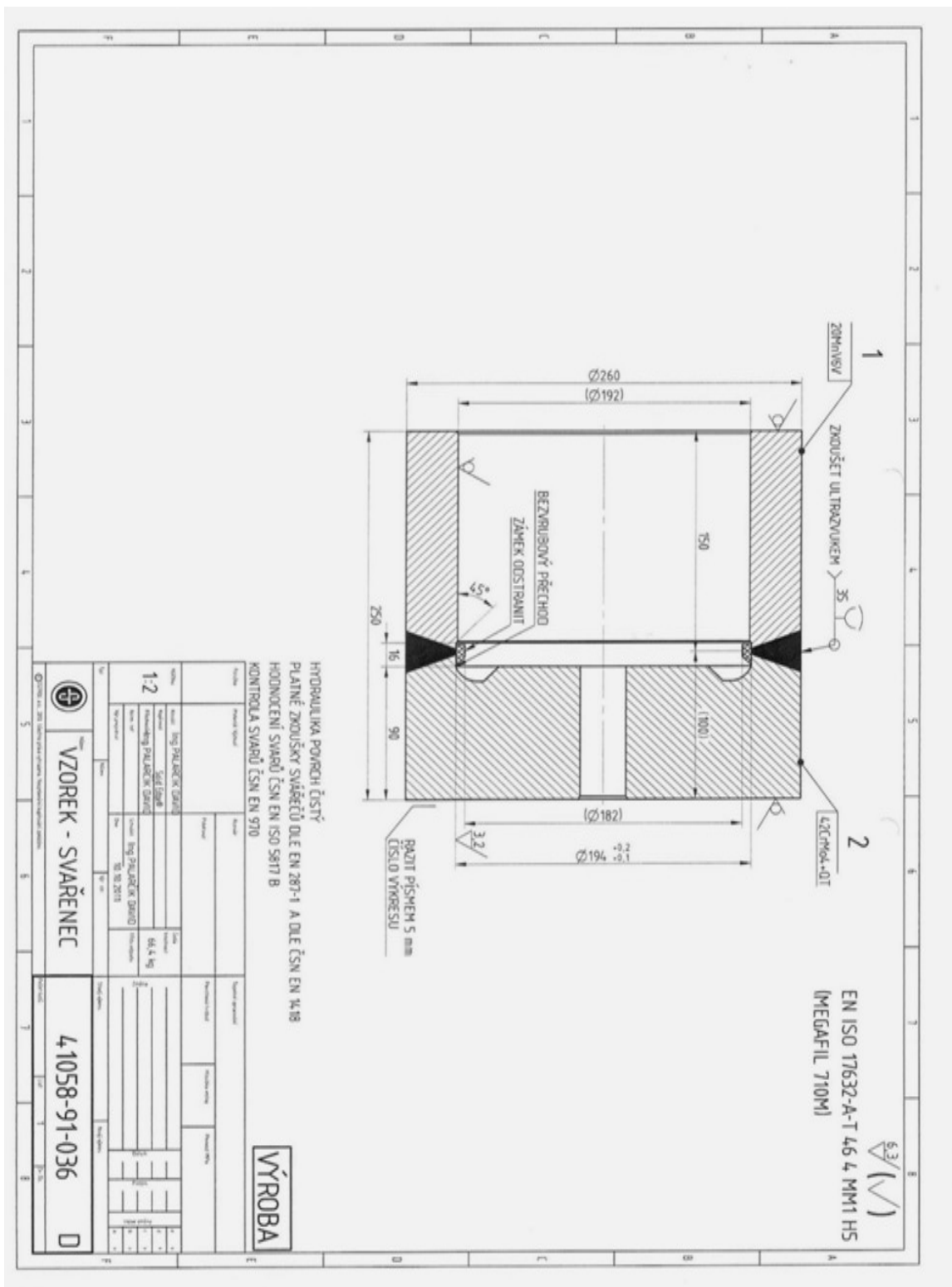
WPQR - PROTOKOL O SCHVÁLENÍ POSTUPU SVAŘOVÁNÍ	Inspekční postup	Registrační č.	č. WPQR
	IMP č.2	1R - 1584	1P - 1584

Zkouška rázem v ohybu							
Prováděcí předpis:		ČSN EN 148-1			Číslo protokolu:		4143B11 Vitkovice Testing Center s.r.o.
Požadavek dle předpisu:		ČSN EN ISO 15614-1			Výsledek:		Vyhovující
Vzorek	Teplota (°C)	Umístění vrubu	Jednotlivé hodnoty (J)			Průměr (J)	Poznámky
Požadavek:	-20	-	-	-	-	min. 27 J	-
1584 V1-V3	-20	VWT 0/2	146	160	158	155	-
1584 V4-V6	-20	VHT 0/2	39	58	56	51	20MnV6+N
1584 V7-V9	-20	VHT 2/2	163	192	164	173	42CrMo4+QT

## Příloha K

Tabulka 1: Měření mikrotvrdosti pan Hořák ( HV <sub>0,1</sub> )				
	Vzorek č.1	Vzorek č.2	Vzorek č.3	Vzorek č.4
Svarový kov	172 -171	193-193	233-254	227-213
Svarový kov	165-189	183-181	227-238	224-215
Svarový kov	188-179	208-204	231-247	226-224
Svarový kov	187-177	180-183	229-253	226-226
TOO	235-233	315-303	271-355	259-266
TOO	232-236	298-287	334-349	254-263
TOO	239-224	295-280	279-337	246-275
TOO	241-238	273-273	263-323	246-236
TOO	225-228	250-253	275-291	215-228
TOO	216-210	269-260	260-256	248-233
TOO	189-195	253-253	276-274	269-231
TOO	222-221	273-295	271-250	238-224
TOO	204-208	269-280	287-262	257-228
TOO	203-202	276-277	275-256	240-238
Základní materiál	220-219	298-287	253-260	264-238
Základní materiál	239-238	276-230	262-262	259-213
Základní materiál	243-243	263-247	276-250	261-249
Základní materiál	239-225	250-220	269-262	255-232
Měření bylo provedeno při zatížení 1N , vzbavení LECO LM 247 <sub>AT</sub> , PC podpora AMH 43				

## Příloha L

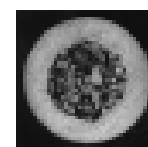


## Příloha M



### Seamless flux-cored wire

## MEGAFIL® 807 M



**Type:** Medium alloyed, high-strength flux-cored wire for Argon-Co<sub>2</sub> Mix.

**Applications:** Crane-, plant-, craft- and steel construction, pipe work, foundries.

**Properties:** Remarkable crack resistant weld metal in combination with very low hydrogen content. Therefore, suitable for the economic processing of high-strength and low temperature fine-grained structural steels. Excellent welding properties in short and spray arc. Excellent gap bridging for root welds. High deposition rate and no intermediate cleaning required with very low spatter loss. Weld metal is heat treatable.

**Classification:** AWS/AISME-SFA-5.28 : E 110 C-G  
AWS/AISME-SFA-5.29 : E 120 T1-G  
prEN 12535 : T 89 4 Z M M 1 H5

**Materials:** SIE 800V, XABO 90 (1.8914)  
high-strength fine-grained (tempered) DIN 25 CrMo 4, 34 CrMo 4, 42 CrMo 4, 28 NiCrMo 44  
EN 25 CrMo 4, 34 CrMo 4, 42 CrMo 4, 28 NiCrMo 44

**Cold tough:** DIN b16 ESIE 800 VA (Weldox 700 – 900 Etc)  
EN b16 S890QL1

**TM Pipe steels:** DIN b16 SIE 800 (1.8979)  
EN b16 S890QL1

#### Weld metal analysis % (typical values)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
0.07	1.3	0.6	<0.015	<0.015	1.2	2.3	1.0

#### Mechanical properties of the pure weld metal (typical values)

Heat-treatment	R <sub>m20</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	R <sub>0.2</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	A <sub>5</sub> (%)	Impact energy (J) ISO-V
AW	> 850	980 – 1180	> 15	> 60
SR	> 700	800 - 950	> 16	> 47

AW: as welded, SR: stress relieved

#### Delivery:

Ø (mm)	Weight (kg)	Spool type
1,2	5	Wire spool K 202
1,2	15	Wire spool K 300
1,6	15	Wire spool K 300

welding positions,  
current type,  
polarity

Other spool types and dimensions are available.

